



**TUGAS AKHIR - TE141599**

**IMPLEMENTASI METODE *SOFT STARTING* PADA  
MOTOR INDUKSI 3 FASA**

Teguh Nur Imamudin  
NRP 2213106078

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Mochammad Rameli

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT - TE141599**

## **IMPLEMENTATION OF THREE PHASE INDUCTION MOTORS SOFT-STARTING**

Teguh Nur Imamudin  
NRP 2213106078

Advisor  
Dr. Ir. Mochammad Rameli

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institut of Technology  
Surabaya 2016

# **IMPLEMENTASI METODE *SOFT STARTING* PADA MOTOR INDUKSI 3 FASA**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing**



**Dr. Ir. Mochammad Rameli**

**Nip. 195412271981031002**



**SURABAYA  
JANUARI, 2016**

# IMPLEMENTASI METODE *SOFT STARTING* PADA MOTOR INDUKSI 3 FASA

**Nama** : Teguh Nur Imamudin

**Pembimbing** : Dr. Ir. Mochammad Rameli

## ABSTRAK

Motor listrik sebagai penggerak sangat berperan penting dalam dunia industri. Jenis penggerak yang sering dipakai adalah motor AC khususnya motor induksi tiga fasa. Motor induksi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan motor jenis yang lain, seperti konstruksinya yang sangat sederhana, harga dan perawatan yang murah, selain itu tahan terhadap goncangan.

Namun permasalahan yang pasti pada motor induksi ialah saat motor diaktifkan secara langsung motor akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuhnya dan hanya menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan *drop* tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada satu saluran yang sama. Untuk motor dengan daya besar tentu arus *starting* motor juga akan semakin besar, sehingga untuk motor dengan daya diatas 30 kW atau lebih tidak dianjurkan menghidupkan secara langsung.

Beberapa metode *starting* tradisional motor induksi diantaranya adalah DOL (*Direct On Line*), Y- $\Delta$ , *auto-trafo*, dan *primary resistor*, yang masih menarik arus *start* yang besar.

Perancangan alat dengan mengimplementasikan metode *soft starting*, yang tersusun atas komponen *Thyristor* (TRIAC) mampu mengendalikan tegangan dan arus yang masuk kedalam motor secara bertahap sesuai dengan pengaturan yang diinginkan. Dengan demikian masalah *starting* motor induksi tiga fasa dapat diatasi.

**Kata Kunci:** *Soft starting, thyristor, TRIAC*

## ***Implementation of Three Phase Induction Motors Soft-Starting***

**Name** : Teguh Nur Imamudin

**Advisor** : Dr. Ir. Mochammad Rameli

### ***ABSTRACT***

*The electric motors as the driving is very important component in the industrial world. Type of drive that is often used is a AC motors, especially three phase induction motors. This motor has several advantages than other types of motor, like a very simple construction, economic price, cheap maintenance and resistant to shocks.*

*But the problem in use the induction motors is the large starting current when the motors active directly, a starting current motors will draw current 5 until 7 times full load current and only produces a torque 1.5 to 2.5 times the full load motors torque. The large starting current can impact to a voltage drop on the voltage line so that it will interfere with other equipment connected on the same line. For motors with large power of motor starting currents will also be greater, resulting in a motor with a power of 30 kW or more is not advisable to activate directly.*

*Several methods of starting motors are DOL (Direct On Line) method, Y- $\Delta$  method, auto-transformators and primary resistor method. But in the application the methods still draws a large starting.*

*Soft-starting method, which composed from Thyristor (TRIAC), is expected to control the voltage and current into the motor gradually. Thus the problem of starting three phase induction motor can be overcome.*

**Keywords** : Soft starting, thyristor, TRIAC



## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis ucapkan atas kehadiran ALLAH SWT yang telah banyak memberikan nikmat dari nikmat sehat dan nikmat ilmu sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini, dengan judul **Implementasi Metode *Soft Starting* Pada Motor Induksi 3 Fasa.**

Semoga Tugas akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca pada umumnya serta mahasiswa jurusan teknik elektro. Adapun beberapa pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang tua saya yang telah banyak memberikan perhatian serta dukungan baik dalam doa maupun semangatnya.
2. Bapak Dr. Ir. Mochammad Rameli, selaku dosen pembimbing yang telah memberi banyak ilmu dan arahan, semoga bapak sehat selalu dan diberi keberkahan ilmu.
3. Bapak Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST, M. Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro – ITS.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro – ITS, yang telah banyak memberikan ilmu serta motivasi dalam memahami setiap ilmu yang dipelajari
5. Teman-teman yang telah banyak memberikan masukan serta mengenalkan banyak hal yang baik, sukses selalu untuk kita semua.

Dalam menyusun tugas akhir ini, penulis berharap semoga nantinya tugas akhir ini bermanfaat jikapun ada kekurangan, saran serta kritik penulis harapkan. terima kasih

Surabaya, Januari 2016

Teguh Nur Imamudin

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	1
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Metodologi .....	2
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
 BAB II DASAR TEORI .....	 5
2.1 Motor Induksi Tiga Fasa .....	5
2.1.1 Kontruksi Motor Induksi Tiga Fasa .....	5
2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa .....	7
2.2 Prinsip Operasi Konverter Pengontrol Tegangan .....	8
2.2.1 Pengaturan Setengah Gelombang ( <i>Unidirectional</i> ) .....	8
2.2.2 Pengaturan Gelombang Penuh ( <i>Bidirectional</i> ) .....	10
2.2.3 Pengaturan Gelombang Penuh Tegangan 3 Fasa .....	11
2.3 Metode <i>Starting</i> Motor .....	15
2.3.1 <i>Starting</i> Motor Metode <i>Direct On Line</i> .....	15
2.3.2 <i>Starting</i> Motor Metode <i>Auto Trafo</i> .....	16
2.3.3 <i>Starting</i> Motor Metode <i>Way-Delta</i> .....	17
2.3.4 <i>Starting</i> Motor dengan Mengontrol Tegangan .....	17
2.4 Rangkaian <i>Driver</i> dan <i>Isolasi</i> .....	18
2.5 TRIAC .....	18
2.6 <i>Zero Crossing Detector</i> .....	20
2.7 Rangkaian Pengendali Sudut Penyulutan Triac .....	20
2.8 Mikrokontroler .....	20
2.8.1 AVR ATmega128 .....	21
2.8.2 AVR ATmega16 .....	23
2.9 Code Vision AVR .....	24

BAB III PERANCANGAN SISTEM.....	27
3.1 Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> .....	28
3.2 Rangkaian Pengontrol Tegangan AC.....	32
3.3 <i>Flowchart</i> dan Program.....	36
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA .....	39
4.1 Simyal Rangkaian <i>Zero Cross Detector</i> .....	39
4.2 Tegangan Keluaran Rangkaian <i>Soft Starting</i> .....	41
4.3 Pengujian Pengasutan .....	48
BAB V PENUTUP.....	51
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran .....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
RIWAYAT HIDUP.....	55
LAMPIRAN .....	57



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Bagian Bagian Motor Induksi .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Macam Bentuk Rotor.....	6
<b>Gambar 2.3</b> Rangkaian Pengatur Setengah Gelombang dan Gelombang Keluaran <i>Thyristor</i> .....	9
<b>Gambar 2.4</b> Rangkaian Pengatur Gelombang Penuh dan Gelombang Keluaran <i>Thyristor</i> .....	10
<b>Gambar 2.5</b> Rangkaian Pengontrol Tegangan Penuh 3 Fasa.....	11
<b>Gambar 2.6</b> Bentuk Gelombang Keluaran.....	13
<b>Gambar 2.7</b> Diagram <i>Starting</i> Metode <i>Direct On Line</i> .....	15
<b>Gambar 2.8</b> Diagram <i>Starting</i> Metode <i>Auto-trafo</i> .....	16
<b>Gambar 2.9</b> Diagram <i>Starting</i> Metode <i>Way- Delta</i> .....	17
<b>Gambar 2.10</b> TRIAC .....	18
<b>Gambar 2.11</b> Kuadran Penyulutan TRIAC .....	19
<b>Gambar 2.12</b> Skema Mikrokontroler ATMega128.....	22
<b>Gambar 2.13</b> Skema Mikrokontroler ATMega16.....	23
<b>Gambar 2.14</b> Code Vision AVR.....	24
<b>Gambar 3.1</b> Skema Rangkaian <i>Soft Starter</i> Motor Induksi 3 Fasa .....	27
<b>Gambar 3.2</b> Skema Rangkaian <i>Zero Cross Detector</i> 3 Fasa .....	29
<b>Gambar 3.3</b> Rangkaian IC <i>Optocoupler</i> 4N35 .....	30
<b>Gambar 3.4</b> Tegangan Masukan, Tegangan Keluaran <i>Rectifier</i> , Pulsa <i>Zero Cross</i> .....	30
<b>Gambar 3.5</b> Pulsa <i>Zerro Cross Detector</i> Pada 2 Fasa Tegangan Sumber .....	31
<b>Gambar 3.6</b> Skema Terbangkitnya <i>Pulsa Zerro Cross Detector</i> .....	32
<b>Gambar 3.7</b> Skema Rangkaian Pengontrol Tegangan.....	32
<b>Gambar 3.8</b> Simulasi Rangkaian Pengontrol Tegangan.....	33
<b>Gambar 3.9</b> Gelombang Keluaran Triac <i>Delay</i> Waktu 2ms.....	34
<b>Gambar 3.10</b> Gelombang Keluaran Triac <i>Delay</i> Waktu 5ms.....	34
<b>Gambar 3.11</b> Gelombang Keluaran Triac <i>Delay</i> Waktu 8ms.....	34
<b>Gambar 3.12</b> Rangkaian IC <i>Optoisolator</i> MO3021.....	35
<b>Gambar 3.13</b> <i>Flowchart</i> Program.....	37
<b>Gambar 3.14</b> Kutipan Program .....	38
<b>Gambar 4.1</b> <i>Driver Soft Starting</i> Motor Induksi 3 Fasa .....	39
<b>Gambar 4.2</b> Pulsa <i>Zero Crossing Detector</i> Pada 1 Fasa Tegangan .....	40
<b>Gambar 4.3</b> Pulsa <i>Zero Crossing Detector</i> Pada 2 Fasa Tegangan .....	41
<b>Gambar 4.4</b> Tegangan Keluaran Triac Sebelum Penyulutan.....	42

<b>Gambar 4.5</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 9 ms.....	42
<b>Gambar 4.6</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 8 ms.....	42
<b>Gambar 4.7</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 7 ms.....	43
<b>Gambar 4.8</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 6 ms.....	43
<b>Gambar 4.9</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 5 ms.....	43
<b>Gambar 4.10</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 4 ms....	44
<b>Gambar 4.11</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 3 ms....	44
<b>Gambar 4.12</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 2 ms....	44
<b>Gambar 4.13</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 1 ms....	45
<b>Gambar 4.14</b> Tegangan Keluaran Triac dengan <i>Delay</i> Waktu 0 ms....	45
<b>Gambar 4.15</b> Perbandingan Tegangan Perhitungan dan Tegangan Pengukuran.....	46
<b>Gambar 4.16</b> <i>Trend</i> Data Pengukuran Tegangan.....	47
<b>Gambar 4.17</b> <i>Trend</i> Data Pengukuran Arus .....	48

## DAFTAR TABEL

**Tabel 3.1** Data Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa ..... 28

**Tabel 4.1** Perbandingan Nilai Tegangan Perhitungan dan Nilai  
Tegangan Pengukuran..... 46





*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Motor listrik sebagai penggerak sangat berperan penting dalam dunia industri. Jenis penggerak yang sering dipakai adalah motor AC khususnya motor induksi tiga fasa. Motor ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan motor jenis yang lain seperti konstruksi sangat sederhana, harga dan perawatan yang murah.

Permasalahan yang pasti pada motor induksi ialah saat motor diaktifkan, dimana arus awal motor atau arus *start* yang nilainya bisa mencapai lima kali sampai tujuh kali dari arus nominalnya. Penomena melonjaknya arus awal saat motor induksi di aktifkan tersebut dapat menyebabkan terjadinya *drop* tegangan pada pasokan tegangan. Pada mengaplikasikan motor induksi dengan daya diatas 30 KW dapat mengakibatkan penurunan tegangan sistem dan mengganggu kerja sistem peralatan lain yang terhubung dalam satu saluran. Oleh karena itu berdasarkan penomena yang terjadi saat mengaktifkan motor induksi diperlukan suatu metode pengasutan dengan mengatur tegangan masukan pada motor induksi yang bertujuan untuk mengurangi nilai lonjakan arus awal. Metode pengasutan yang digunakan yaitu, metode *soft starting*, diharapkan dengan diterapkannya metode *soft starting* ini, tegangan dan arus dari sumber tenaga dapat mengalir masuk kedalam motor secara bertahap, sehingga arus awal saat motor diaktifkan tidak terlalu besar. Metode *soft starting* bertujuan untuk mendapatkan *start* motor yang terkendali, arus *start* yang kecil, dan mencapai kecepatan nominal yang konstan.

### 1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang pasti pada motor induksi ialah saat motor diaktifkan, dimana arus awal motor besarnya bisa mencapai lima sampai tujuh kali dari arus nominalnya. Penomena tersebut dapat menyebabkan terjadinya drop tegangan pada pasokan tegangan. Pada motor dengan daya diatas 30 KW dapat mengakibatkan penurunan tegangan sistem dan mengganggu kerja sistem peralatan lain yang terhubung dalam satu saluran. Oleh karena itu diperlukan suatu metode pengasutan dengan mengatur tegangan masukan pada motor induksi yang bertujuan untuk

mengurangi nilai arus pengasutan awal. Metode pengasutan yang digunakan yaitu, metode *soft starting*.

### **1.3. Batasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini permasalahan-permasalahan yang akan dibahas meliputi:

1. Pengaplikasian metode *soft starting* dengan pencacahan sumber tegangan oleh komponen elektronika berupa triac (*Bidirectional Triode Thyristor*) dengan mengatur penyulutan *gate* triac (*firing delay* atau *firing angle*).
2. Implementasi metode *soft starting* diimplementasikan pada motor induksi tiga fasa 380/220 V jenis sangkar tupai dengan konfigurasi belitan stator terhubung bintang.
3. Sistem pengaturan yang dilakukan adalah *open loop*
4. Mikrokontroler yang digunakan adalah Atmega128, Atmega16.
5. Dalam tugas akhir ini tidak membahas mengenai adanya harmonisa yang ditimbulkan pada saat pengasutan.

### **1.4. Tujuan**

Tujuan Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir adalah:

1. Mengerti dan memahami konsep dasar *starting* motor induksi 3 fasa.
2. Memahami prinsip kerja pembuatan modul *soft starting* dengan komponen utama komponen elektronika daya berupa TRIAC (*Triode for Alternating Current*).
3. Menguji dan menganalisa metode *soft starting* yang dioperasikan pada beban motor induksi 3 fasa.

### **1.5. Metodologi**

Metodologi yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Studi literatur

Dilakukan dengan mencari informasi mengenai penerapan metode yang akan dirancang mengenai sistem yang dirancang. Informasi diperoleh melalui buku teks, jurnal, artikel, media *online*, dan lain-lain.



## 2. Identifikasi Plant

Mengidentifikasi permasalahan, melakukan pemodelan matematis motor induksi sehingga memungkinkan pengaturan motor induksi.

## 3. Perancangan Sistem

Menguraikan langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan modul *drive soft starting* motor induksi baik pembuatan *hardware* maupun *software*.

## 4. Implementasi dan Analisa

Merancang rangkain-rangkaian penyusun modul *drive soft starting* motor induksi, menguji coba dan menganalisa data yang dihasilkan oleh output sistem.

## 5. Penulisan Buku Tugas Akhir

Penyusunan buku Tugas Akhir meliputi pendahuluan, teori penunjang, perancangan sistem, hasil simulasi, serta penutup.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab yang masing-masing membahas permasalahan yang berhubungan dengan Tugas Akhir yang telah dibuat dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab 1 : membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

Bab 2 : membahas tentang beberapa teori-teori pendukung mengenai metode perancangan, komponen, dan teori-teori yang selanjutnya akan digunakan sebagai landasan dalam pembahasan materi karya tulis ini

Bab 3 : membahas sistematika yang direncanakan untuk digunakan sebagai langkah kerja penyelesaian masalah, alternatif rancangan dan pengambilan keputusan rancangan

Bab 4 : membahas tentang pengolahan data teknis hasil uji coba yang diperlukan untuk mengoptimalkan konsep rancangan pada BAB sebelumnya

Bab 5 : pembahasan yang berisi kesimpulan dan saran dari keseluruhan proses perancangan, maupun proses uji coba agar tujuan Tugas Akhir dapat tercapai.

## **BAB II DASAR TEORI**

### **2.1 Motor Induksi Tiga Fasa [1]**

Motor induksi tiga fasa merupakan motor listrik arus bolak-balik yang umumnya paling banyak digunakan dalam dunia industri. Alasan yang menjadikan motor ini banyak digunakan ialah karena beberapa keuntungan yang dimilikinya yaitu konstruksinya yang kokoh, harganya relatif murah, mudah dalam melakukan perawatan, dan dapat diproduksi dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan industri. Disamping keuntungannya terdapat pula kekurangan dari motor induksi tiga fasa seperti kecepatannya tidak mudah dikontrol dan arus *starting* besar dapat mencapai 5 sampai dengan 7 kali dari arus nominal.

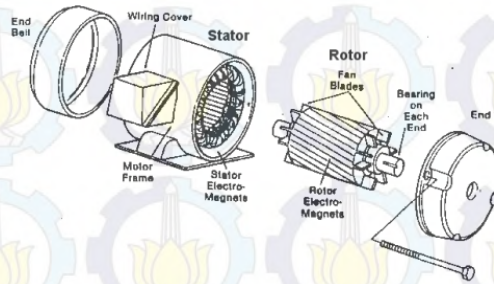
Konstruksi motor induksi secara detail terdiri atas dua bagian, yaitu bagian stator dan bagian rotor. Stator adalah bagian motor yang diam terdiri : badan motor, inti stator, belitan stator, bearing dan terminal box. Bagian rotor adalah bagian motor yang berputar, terdiri atas rotor sangkar, poros rotor.

#### **2.1.1 Kontruksi Motor Induksi Tiga Fasa [2]**

Terdapat dua bagian utama pada motor induksi, yaitu bagian diam (stator) dan bagian berputar (rotor). Kedua bagian tersebut dipisahkan oleh celah udara yang sempit (*air gap*) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Inti stator motor induksi dibuat dari besi plat baja yang berlaminasi (berlembar-lembar), dengan tujuan mengurangi rugi-rugi besi (*hysteresis* dan arus *eddy*) yang dihasilkan oleh medan magnet. Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari kumparan tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang mana masing masing kumparan mendapatkan suplai arus tiga fasa.

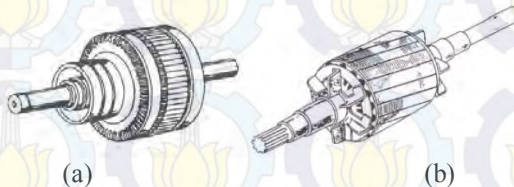


Konstruksi motor induksi dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Bagian Bagian Motor Induksi

Terdapat dua jenis rotor motor induksi yaitu rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar (*squirrel-cage rotor*) ditunjukkan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Macam Bentuk Rotor (a) Rotor Belit (*Wound*), (b) Rotor Sangkar (*Squirrel-Cage*)

*Wound rotor* adalah tipe motor yang memiliki rotor terbuat dari lilitan. Lilitan rotor tersebar secara seragam pada slot-slot dan secara umum dihubungkan secara *we*, ketiga terminal tersebut dihubungkan dengan *slip-ring* kemudian dihubungkan dengan sikat yang diam (*stationary brushes*) dengan demikian maka motor bisa diberi resistor dari luar sehingga kecepatan motor dapat diatur dengan mengubah-ubah nilai tahanan resistor luar.

Tipe sangkar tupai (*squirrel-cage*) terdiri dari lapisan lapisan konduktor yang dipasang sejajar dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktor tidak terisolasi dari inti karena arus rotor secara alamiah akan mengalir menuju tahanan paling kecil yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, semua konduktor rotor dihubungkan singkat dengan cincin ujung sehingga konduktor rotor dan

cincin cincin serupa dengan sangkar tupai yang berputar sehingga dinamakan motor induksi rotor sangkar tupai. Dan jenis motor yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah motor induksi rotor sangkar tupai (*squirrel cage*). Ciri khusus dari *squirrel cage* rotor adalah ujung-ujung rotor terhubung singkat secara permanen.

### 2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa [3]

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa didasarkan pada hukum Faraday (tegangan induksi akan ditimbulkan oleh perubahan induksi magnetik pada suatu lilitan) dan hukum Lorentz. (perubahan magnetik akan menimbulkan gaya), dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan :

$$N_s = \frac{120f}{p} \quad (2.1)$$

di mana :  $f$  = frekuensi pada motor induksi  
 $p$  = jumlah kutub

- b. Medan putar stator akan memotong batang konduktor pada rotor, sehingga pada kumparan stator timbul gaya gerak listrik (ggl) induksi.
- c. Dikarenakan rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, maka ggl induksi yang timbul akan menyebabkan timbulnya arus ( $I$ ) pada kumparan rotor.
- d. Adanya arus ( $I$ ) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya mekanik ( $F$ ) pada rotor. Jika torsi mula ( $T_e$ ) yang dihasilkan oleh gaya rotor cukup besar untuk memikul torsi beban ( $T_L$ ), maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator ( $N_s$ ) dengan kecepatan putar rotor ( $N_r$ ) .
- e. Perbedaan antara ( $N_s$ ) dan ( $N_r$ ) disebut dengan slip ( $S$ ), dinyatakan dengan :

$$S = \left( \frac{N_s - N_r}{N_s} \right) 100\% \quad (2.2)$$

- f. Apabila  $N_s = N_r$  maka tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, sehingga tidak akan timbul torsi ( $T_e$ ). Torsi akan timbul apabila  $N_r$  lebih kecil dari  $N_s$ .



## 2.2 Prinsip Operasi Konverter Pengontrol Tegangan [4]

Ditinjau dari transfer dayanya, secara umum ada dua tipe pengendalian; kontrol *on-off* dan kontrol sudut fasa. Pada kontrol *on-off*, saklar *thyristor* menghubungkan beban dengan sumber ac untuk beberapa siklus tegangan masukan dan memutuskan-nya untuk beberapa siklus yang lain. Pada kontrol fasa, saklar *thyristor* menghubungkan beban dengan sumber ac untuk setiap bagian siklus tegangan masukan.

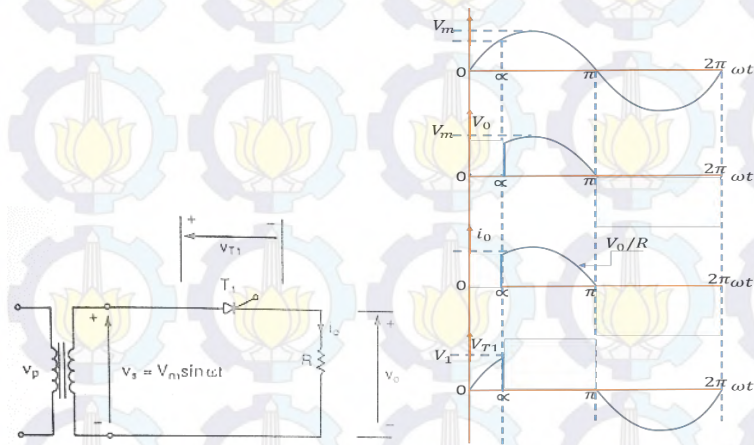
Pengaturan tegangan ac dapat diklasifikasikan menjadi 2 tipe : pengaturan satu fasa dan pengaturan tiga fasa. Masing-masing tipe dapat dibagi lagi menjadi:

- (a) pengaturan setengah gelombang (*unidirectional*)
- (b) pengaturan gelombang penuh (*bidirectional*).

### 2.2.1 Pengaturan Setengah Gelombang (*Unidirectional*) [4]

Pada pengontrolan setengah gelombang, tegangan yang dikontrol ialah tegangan disalah satu bukit dari gelombang, dengan menggunakan komponen *thyristor* tegangan dapat dikontrol sesuai dengan penyulutan gerbang *gate*-nya. Untuk lebih memahaminya, pada Gambar 2.3, terlihat bahwa *thyristor* terhubung oleh sumber, dan *thyristor* akan mengatur tegangan maupun arus yang masuk pada beban R.

Pada saat setengah gelombang positif tegangan masuk maka *thyristor* mengalami *forward bias* dan pada saat *thyristor* mengalami pemuncian pada  $\alpha = \omega t$ , *thyristor* *conduct* dan melewatkan tegangan pada beban R. Sebaliknya pada saat tegangan masuk pada fase negatifnya maka *thyristor* mengalami *reverse bias* dengan artian bahwa *thyristor* *off* atau tidak melewatkan tegangan. *Thyristor* akan kembali aktif pada saat sudut pemuncian selanjutnya, yaitu pada fase positif, pada saat tegangan telah melewati disudut  $\omega t = \pi$ . Maka *thyristor* akan aktif tergantung pada nilai  $\alpha$ . Maka  $\alpha$  ialah sudut/*delay* penyalan *thyristor*.



**Gambar 2.3** Rangkaian Pengatur Setengah Gelombang dan Gelombang Keluaran *Thyristor*

Karena tegangan yang dihasilkan nantinya berbentuk setengah gelombang dan  $V_m$  merupakan nilai tegangan puncak, maka nilai rata rata tegangan  $V_{dc}$  dapat dihitung:

$$\begin{aligned}
 V_{dc} &= \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) \\
 V_{dc} &= \frac{V_m}{2\pi} [-\cos \omega t]_{\alpha}^{\pi} \\
 &= \frac{V_m}{2\pi} (1 - \cos \alpha)
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

Nilai  $V_{dc}$  akan bervariasi tergantung nilai pemuncian *thyristor*, dan nilai pemuncian  $\alpha$  bervariasi dari 0 sampai  $\pi$ . Maka nilai rata rata tegangan tertinggi  $V_{dm}$  dapat dihitung berdasarkan persamaan

$$V_{dm} = \frac{V_m}{\pi} \tag{2.4}$$

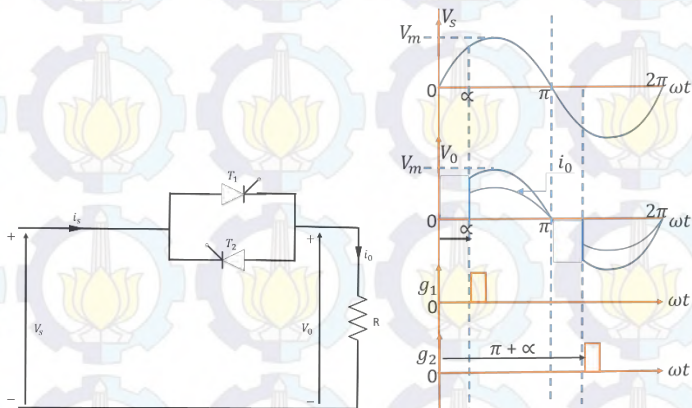


Sedangkan nilai rms tegangan keluaran dapat dihitung dengan

$$\begin{aligned}
 V_{rms} &= \left[ \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m^2 \sin^2 \omega t \, d(\omega t) \right]^{1/2} \\
 &= \left[ \frac{V_m}{4\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos 2\omega t) \, d(\omega t) \right]^{1/2} \\
 &= \frac{V_m}{2} \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\sin(2\alpha)}{2} \right) \right]^{1/2} \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

### 2.2.2 Pengaturan Gelombang Penuh (*Bidirectional*) [4]

Pada pengontrolan tegangan gelombang penuh, dengan menggunakan komponen *thyristor*  $T_1$  dan  $T_2$  yang dipasang anti paralel (Gambar 2.4), tegangan dapat dikontrol sesuai dengan penyulutan gerbang *gate*-nya. Setiap siklus positif tegangan akan dikontrol oleh *thyristor*  $T_1$ , sedang pada siklus negatif tegangan akan dikontrol oleh *thyristor*  $T_2$ . Dengan penentuan sudut penyulutan *gate thyristor* berkisar  $0 - \pi$ . Seperti terlihat pada Gambar 2.4, dapat dilihat bentuk tegangan masukan, tegangan keluaran *thyristor*, dan pemberian sinyal sulut untuk *thyristor*.



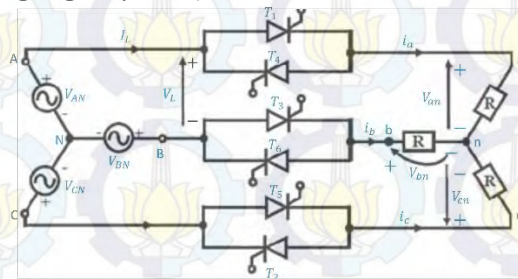
**Gambar 2.4** Rangkaian Pengatur Gelombang Penuh dan Gelombang Keluaran *Thyristor*

Maka jika diketahui  $V_s = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$  adalah tegangan masukan *thyristor* dan *delay* atau sudut pemicuan *thyristor*  $T_1, T_2$  adalah sama =  $\alpha$ , maka nilai rms tegangan dapat dicari dengan:

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \left[ \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_s^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{1/2} \\ &= \left[ \frac{4V_s^2}{4\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \right]^{1/2} \\ V_{rms} &= V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\sin(2\alpha)}{2} \right) \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (2.6)$$

### 2.2.3 Pengaturan Gelombang Penuh Tegangan 3 Fasa [4]

Pengaturan gelombang penuh tegangan tiga fasa biasanya diaplikasikan pada sebuah pengontrolan motor. Sesuai diagram rangkaian pada Gambar 2.5, tegangan setiap fasa dikendalikan oleh masing masing 2 *thyristor*, maka untuk mengendalikan tegangan 3 fasa diperlukan *thyristor* sebanyak 6 buah,  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ . Pada rangkaian di Gambar 2.5 terlihat tegangan setiap fasa dikontrol oleh 2 pasang *thyristor* (anti paralel) sehingga keluaran tegangan masing masing fasa yang mengalir pada beban akan tergantung pada nilai  $\alpha$  (*delay/firing angle thyristor*).



**Gambar 2.5** Rangkaian Pengontrol Tegangan Penuh 3 Fasa

Maka sebelum dapat menentukan nilai rms tegangan keluaran dari rangkaian pada Gambar 2.5, kita dapat menentukan terlebih dahulu persamaan persamaan tegangan masukannya, berikut tegangan masukan setiap fasanya :



$$V_{AN} = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \quad (2.7)$$

$$V_{BN} = \sqrt{2} V_s \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \quad (2.8)$$

$$V_{CN} = \sqrt{2} V_s \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \quad (2.9)$$

Sedang, persamaan tegangan masukan tegangan *line to line* :

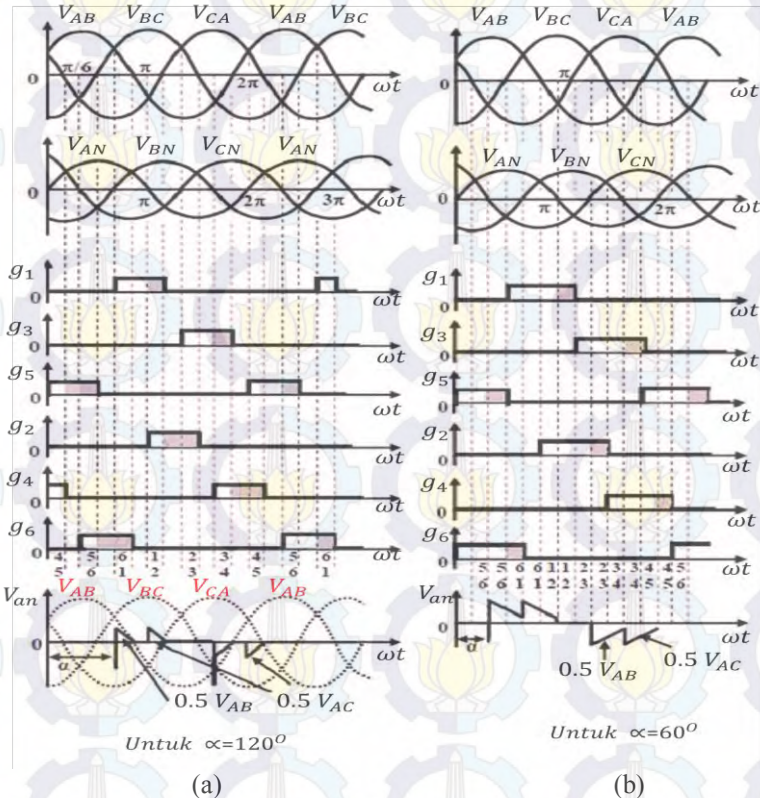
$$V_{AB} = \sqrt{6} V_s \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{6} \right) \quad (2.10)$$

$$V_{BC} = \sqrt{6} V_s \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (2.11)$$

$$V_{CA} = \sqrt{6} V_s \sin \left( \omega t - \frac{7\pi}{6} \right) \quad (2.12)$$

Selanjutnya diberikan contoh pula bagaimana kerja rangkaian *thyristor* pengontrol tegangan penuh tiga fasa mengeluarkan bentuk tegangan gelombang keluaran. Seperti terlihat pada Gambar 2.6, *thyristor* dipicu pada sudut penyulutan  $\alpha = 60^\circ$  dan  $\alpha = 120^\circ$ . Untuk penyulutan  $0 \leq \alpha < 60^\circ$ , seketika sebelum  $T_1$  mengalami penyulutan, dua *thyristor* sedang dalam kondisi terkonduksi (aktif). Selanjutnya saat  $T_1$  benar benar aktif terdapat tiga *thyristor* mengalami kondisi terkonduksi. Saat arus tegangan sumber memasuki fase *reverse* maka *thyristor* akan berhenti aktif. Pada saat kondisi pemucuan  $0 \leq \alpha < 60^\circ$  terdapat dua dan tiga *thyristor* mengalami kondisi terkonduksi (aktif).

Sedang saat  $60^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ , sepanjang sudut pemucuan ini hanya ada dua *thyristor* yang mengalami kondisi aktif. Untuk  $90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$  walaupun terdapat dua *thyristor* terkonduksi namun pada periode selanjutnya tidak ada *thyristor* aktif. Sedang untuk  $\alpha \geq 150^\circ$  diantara keua periode tidak ada satupun *thyristor* yang terkonduksi dan nilai tegangan keluaran dapat mencapai 0. Maka lebar variasi *delay/firing angle* pada pengontrol tegangan penuh 3 fasa ialah  $0 \leq \alpha \leq 150^\circ$ .



**Gambar 2.6** Bentuk Gelombang Keluaran (a)  $\alpha = 120^\circ$ , (b)  $\alpha = 60^\circ$

Nilai rms tegangan keluaran akan tergantung pada nilai penyulutan  $\alpha$ , nilai rms tegangan keluaran saat pemucuan  $0 \leq \alpha < 60^\circ$  adalah:

$$V_0 = \left[ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_{an}^2 d(\omega t) \right]^{1/2}$$



$$\begin{aligned}
 V_0 &= \sqrt{6} V_s \left\{ \frac{2}{2\pi} \left[ \int_{\alpha}^{\pi/3} \frac{\sin^2 \omega t}{3} d(\omega t) \right. \right. \\
 &\quad + \int_{\pi/4}^{(\pi/2)+\alpha} \frac{\sin^2 \omega t}{4} d(\omega t) \\
 &\quad + \int_{(\pi/3)+\alpha}^{(2\pi/3)} \frac{\sin^2 \omega t}{3} d(\omega t) \\
 &\quad + \int_{\pi/2}^{(\pi/2)+\alpha} \frac{\sin^2 \omega t}{4} d(\omega t) \\
 &\quad \left. \left. + \int_{(2\pi/3)+\alpha}^{\pi} \frac{\sin^2 \omega t}{3} d(\omega t) \right] \right\}^{1/2} \\
 V_0 &= \sqrt{6} V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \frac{\pi}{6} - \frac{\alpha}{4} + \frac{\sin 2\alpha}{8} \right) \right]^{1/2} \quad (2.13)
 \end{aligned}$$

Rms tegangan keluaran saat pemicuan  $60^\circ \leq \alpha < 90^\circ$  adalah:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= \sqrt{6} V_s \left\{ \frac{2}{2\pi} \left[ \int_{(\pi/2)-(\pi/3)+\alpha}^{(5\pi/6)-(\pi/3)+\alpha} \frac{\sin^2 \omega t}{4} d(\omega t) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \int_{(\pi/2)-(\pi/3)+\alpha}^{(5\pi/6)-(\pi/3)+\alpha} \frac{\sin^2 \omega t}{4} d(\omega t) \right] \right\}^{1/2} \\
 &= \sqrt{6} V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \frac{\pi}{12} + \frac{3 \sin 2\alpha}{16} + \frac{\sqrt{3} \cos 2\alpha}{16} \right) \right]^{1/2} \quad (2.14)
 \end{aligned}$$

Sedang rms tegangan keluaran saat pemicuan  $90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$  adalah:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= \sqrt{6} V_s \left\{ \frac{2}{2\pi} \left[ \int_{(\pi/2)-(\pi/3)+\alpha}^{\pi} \frac{\sin^2 \omega t}{4} d(\omega t) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \int_{(\pi/2)-(\pi/3)+\alpha}^{\pi} \frac{\sin^2 \omega t}{4} d(\omega t) \right] \right\}^{1/2} \\
 &= \sqrt{6} V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \frac{5\pi}{24} - \frac{\alpha}{4} + \frac{\sin 2\alpha}{16} + \frac{\sqrt{3} \cos 2\alpha}{16} \right) \right]^{1/2} \quad (2.15)
 \end{aligned}$$

### 2.3 Metode Starting Motor [1]

Motor induksi saat dihubungkan dengan tegangan sumber secara langsung akan menarik arus 500% sampai 700% dari arus beban penuh dan hanya menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besar dapat mengakibatkan pengurangan (*drop*) tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama. Untuk motor berdaya besar maka arus pengasutan juga akan semakin besar, apabila arus yang besar tersebut mengalir dalam waktu yang lama dapat mengakibatkan motor dan saluran penghantar menjadi panas dan merusakkan isolasi. Untuk mengurangi besarnya arus pengasutan pada motor, ada beberapa metoda pengasutan motor induksi, diantaranya :

- o Pengasutan dengan metode *direct on line*
- o Pengasutan dengan *auto-transformator*
- o Pengasutan bintang - segitiga (*Y - Δ*)
- o Pengasutan *soft starting*

#### 2.3.1 Starting Motor Metode Direct On Line [1]

*Direct On Line* merupakan metode *starting* motor secara langsung, sumber tegangan yang langsung dihubungkan pada motor. Penggunaan metoda ini sering dilakukan untuk motor-motor AC yang mempunyai kapasitas daya yang kecil. Rangkaian *starting* DOL ini dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram Starting Metode Direct On Line

Apabila motor induksi dihidupkan dengan menghubungkan tegangan normal dari jala-jala secara langsung, arus pengasutan sama dengan arus hubung singkat. Maka nilai arus dapat dihitung dengan persamaan:

$$\frac{T_{st}}{T_f} = \left[ \frac{I_{st}}{I_f} \right]^2 S_f \quad (2.16)$$

Dimana:

$T_{st}$  = torsi pengasutan

$T_f$  = torsi beban penuh

$I_{st}$  = arus pengasutan

$I_f$  = arus beban penuh

$S_f$  = slip beban penuh

Dengan mengasumsikan arus pengasutan yang bisa mencapai 7 kali arus nominalnya, dan slip beban penuh sebesar 0,04 maka persamaan menjadi:

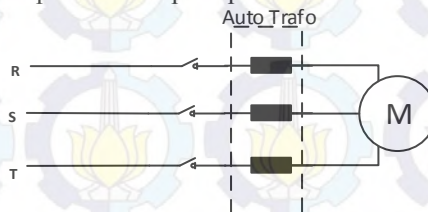
$$\frac{T_{st}}{T_f} = \left[ \frac{7 \cdot I_f}{I_f} \right]^2 0.04 = 1.96 \quad (2.17)$$

$$T_{st} = 1.96 T_f$$

Maka nilai torsi dapat diketahui dari hasil perbandingan tersebut, torsi pengasutan secara langsung hanya menghasilkan 1.96 kali torsi beban penuh.

### 2.3.2 Starting Motor Metode Auto Trafo [1]

Metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan *auto trafo*, sumber suplai tegangan dilewatkan terlebih dahulu pada *auto trafo* sebelum dihubungkan pada motor. Melalui *auto trafo* tegangan yang melalui terminal motor dapat diturunkan selama periode *start*. Apabila motor telah jalan atau berputar kurang dari 80 %, dari kecepatan normal maka hubungan suplai dari *auto trafo* di putus dan diganti dengan suplai langsung dari jala-jala. Metode ini banyak digunakan karena lebih murah meskipun arus tidak seimbang pada periode starting, hal ini tidaklah menjadi persoalan karena ketidak seimbangan arus hanyalah 15% dan keseimbangan arus akan seimbang setelah kondisi berputar tercapai. Metode ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2.8.

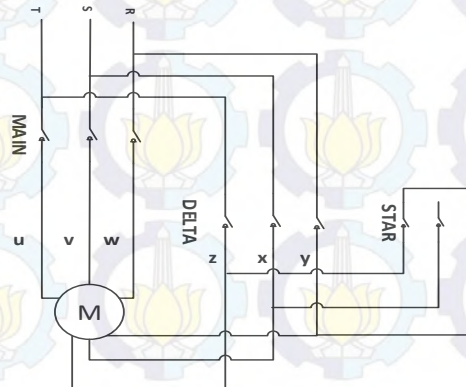


Gambar 2.8 Diagram Starting Metode Auto-trafo



### 2.3.3 *Starting Motor Metode Way-Delta [1]*

Metode ini digunakan apabila motor dalam kondisi normal belitan statornya terhubung delta. Metode ini terdiri dari dua langkah, yaitu pertama saklar yang terhubung ke motor secara bintang saat start, dan kedua terhubung secara delta saat motor sudah berputar. Pada Gambar 2.9. Metode ini dapat mengurangi lonjakan arus pada saat *start*.



**Gambar 2.9** Diagram *Starting* Metode *Way-Delta*

Arus saat *start* yang dihasilkan akan lebih kecil dari pada *DOL starter*. Setelah mendekati kecepatan normal *starter* akan berpindah menjadi terkoneksi secara *delta*.

### 2.3.4 *Starting Motor dengan Mengontrol Tegangan [1]*

Pada pengerjaan tugas akhir ini metode *Soft starting* yang dimaksud merupakan metode pengasutan yang bekerja dengan cara mengurangi tegangan pengasutan motor induksi yang kemudian menaikkan nilai tegangan masukan yang menjadi suplai motor secara bertahap sampai tegangan masukan tersebut mencapai tegangan penuhnya. Metode *soft starting* ini menjadi solusi atas tingginya nilai arus pengasutan motor induksi.

Rangkaian *soft starting* dipasang seri dengan suplai tegangan ke motor. *Soft starting* terdiri dari komponen *solid state* berupa *thyristor* yang dipasang anti paralel (TRIAC) dimana *thyristor* merupakan komponen yang mengatur suplai tegangan yang masuk ke motor.

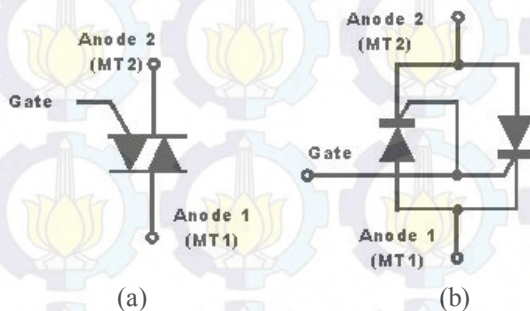
Dengan mengatur variasi sudut picu tegangan masukan ( $\alpha$ ), tegangan dapat divariasikan dari 0 V sampai dengan tegangan penuhnya. Dengan rangkaian kendali yang tepat dapat dicapai pengendalian arus motor atau waktu percepatan yaitu dengan mengenakan pulsa gerbang ke triac pada waktu yang berbeda dalam setiap setengah siklus tegangan sumber. Untuk mendapatkan nilai tegangan dari nol sampai tegangan penuh, maka pemecuan terhadap triac harus dimulai dari sudut 180° sampai 0°.

## 2.4 Rangkaian *Driver* dan Isolasi [5]

Rangkaian isolasi berfungsi sebagai pemisah antara tegangan rangkaian kontrol yang berupa tegangan rendah DC terhadap rangkaian *driver* daya yang berupa tegangan tinggi AC. Rangkaian *driver* sendiri merupakan rangkaian tersusun atas komponen triac dimana dalam implementasinya akan terhubung langsung dengan suplai tegangan AC dan beban berupa motor.

## 2.5 TRIAC [6]

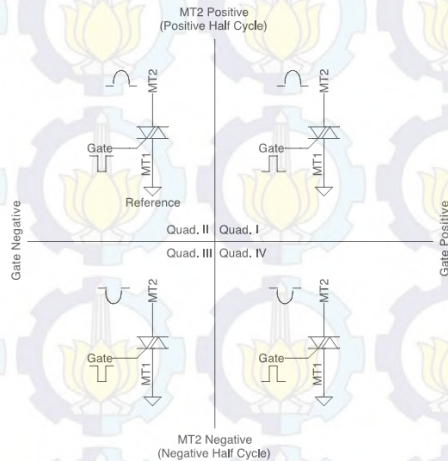
Untuk pengendalian fasa pada pengontrol tegangan AC, umumnya digunakan *bidirectional triode thyristor* atau yang biasa dikenal sebagai triac, triac adalah komponen yang tersusun sedemikian rupa dari dua buah *thyristor* yang tersambung secara anti paralel dengan koneksi gerbang seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. Karena triac merupakan komponen *bidirectional*, terminalnya tidak dapat ditentukan sebagai anode/katode. Dimana koneksi-koneksinya diberi nama *main terminal 1* (MT1), *main terminal 2* (MT2) dan *gate* atau gerbang (G).



**Gambar 2.10** TRIAC (a) Struktur, (b) Rangkaian Ekvivalen



Triac ekivalen dengan *thyristor* dua arah, hal ini berarti triac memiliki karakteristik *switching* yang sama dengan *thyristor* hanya saja berlaku bagi kedua arah (positif ataupun negatif). Tegangan gate untuk pemicu biasanya diberi notasi  $V_{GT}$ , dan arus gate pemicu dinotasikan dengan  $I_{GT}$ .



**Gambar 2.11** Kuadran Penyulutan TRIAC

Jika terminal MT2 positif terhadap terminal MT1, triac dapat dihidupkan dengan memberikan sinyal gerbang positif antara gerbang G dan MT1. Sebaliknya jika terminal MT2 negatif terhadap MT1 maka triac akan dapat dihidupkan dengan memberikan sinyal pulsa negatif antara gerbang G dan terminal MT1. Tidak perlu untuk memiliki kedua sinyal positif dan negatif pada gerbangnya, triac akan dapat dihidupkan baik dengan sinyal positif atau negatif. Dalam prakteknya sensitifitas bervariasi dari satu kuadran kekuadran lain, dan triac biasanya beroperasi di kuadran I+ (tegangan dan arus gerbang positif) atau kuadran III- (tegangan dan arus gerbang negatif). Jika triac sedang OFF, arus tidak dapat mengalir diantara terminal-terminal utamanya, atau dengan kata lain diumpamakan saklar terbuka. Jika triac sedang ON, maka dengan tahanan yang rendah arus mengalir dari satu terminal ke terminal lainnya dengan arah aliran tergantung dari polaritas tegangan yang digunakan. Jika tegangan MT1 positif, maka arus akan mengalir dari MT2 ke MT1 dan sebaliknya jika MT2 positif, maka



arus akan mengalir dari MT2 ke MT1 dan dalam kondisi ini triac diumpamakan sebagai saklar tertutup. triac tidak dapat dimatikan oleh arus balik layaknya suatu scr.

## **2.6 Zero Crossing Detector [5]**

Agar bisa menentukan waktu tunda dengan tepat untuk mendapatkan hasil pengaturan daya yang akurat, mikrokontroler harus mengetahui saat titik nol (*zero crossing*) dari tegangan jala-jala listrik. *Zero crossing detector* adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan siklus tegangan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemunculan triac.

## **2.7 Rangkaian Pengendali Sudut Penyulutan Triac [5]**

Sebuah saklar *thyristor* terhubung antara tegangan sumber bolak-balik (*alternating current – ac*) dan beban, daya yang mengalir dapat dikendalikan dengan mengatur nilai rms tegangan ac yang diberikan ke beban. Pada umumnya pengaturan tegangan ac ini diaplikasikan pada: sistem pemanasan dalam industry (*industrial heating*), pengaturan tap-trafo berdasarkan beban (*on-load transformer tap changing*), pengaturan intensitas cahaya lampu (*light control*), pengaturan kecepatan motor induksi fasa banyak (*speed control of polyphase induction motors*), dan pengaturan magnet ac (*ac magnet controls*).

Ada bermacam-macam konfigurasi pengaturan tiga fasa tergantung pada hubungan saklar *thyristor*. Karena tegangan masukan adalah ac, *thyristor-thyristor*-nya akan berkomutasi alamiah, dan pengaturan fasa *thyristor*, yang relatif tidak mahal dan umumnya menggunakan *thyristor* dengan kecepatan *switching* yang rendah. Untuk aplikasi hingga 400 Hz, triac banyak digunakan untuk rating tegangan dan arus tertentu. Karena menggunakan komutasi alamiah, maka tidak membutuhkan lagi rangkaian komutasi tambahan sehingga rangkaian pengaturan tegangan ac lebih sederhana.

## **2.8 Mikrokontroler [7]**

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (chip). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah

mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (Read-Only Memory), RAM (Read-Write Memory), beberapa Port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard.

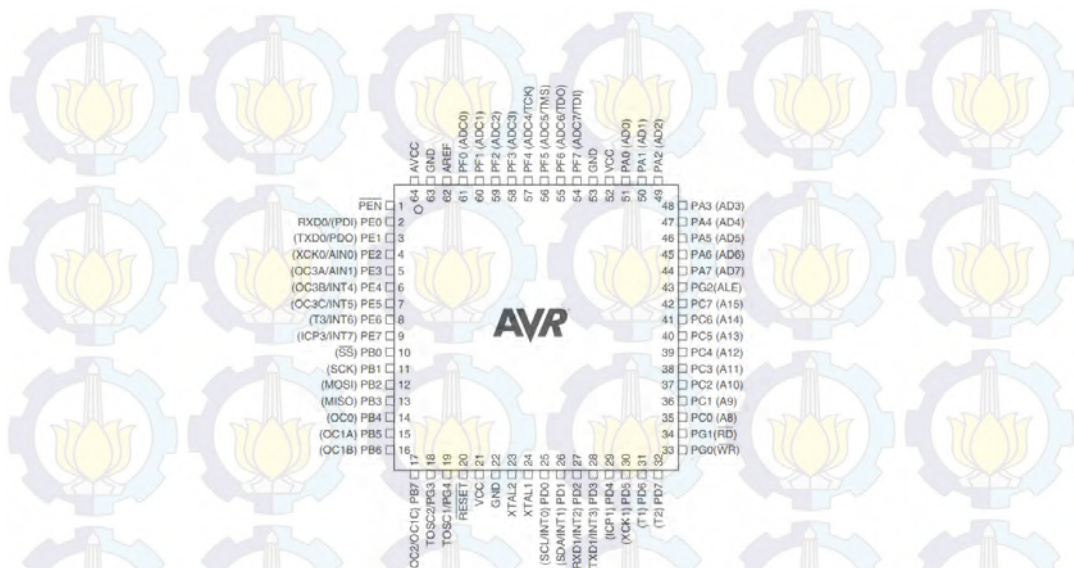
### **2.8.1 AVR ATmega128 [8]**

Mikrokontroler ATmega128 merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit. Beberapa fitur yang dimiliki adalah memiliki beberapa memory yang bersifat *non-volatile*, yaitu 128Kbytes of *In-System Self-Programmable Flash program memory* (128Kbytes memory flash untuk pemrograman), 4Kbytes memori EEPROM, 4Kbytes memori Internal SRAM, *write/erase cycles* : 10.000 Flash/ 100.000 EEPROM (program dalam mikrokontroler dapat diisi dan dihapus berulang kali sampai 10.000 kali untuk flash memori atau 100.000 kali untuk penyimpanan program/data di EEPROM).

Selain memory, fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler atmega128 ini adalah pada perangkat *peripheral interfacenya*, yaitu memiliki 2 buah *8-bit Timer/Counter*, 2 buah *expand 16-bit Timer/Counter*, RTC (*Real Time Counter*) dengan *oscillator* yang terpisah, 2 buah *8-bit chanel PWM*, 6 PWM *chanel* dengan resolusi pemrograman dari 2 sampai 16 bits, *output compare modulator*, *8-chanel 10-bit ADC*, 2 buah TWI (*Two Wire Interface*), 2 buah serial USARTs, *Master/Slave SPI serial interface*, *Programmable Watchdog Timer* dengan *On-chip Oscillator*, *On-chip analog comparator*, dan memiliki 53 *programmable I/O*.

Sedangkan untuk pengoperasiannya sendiri, Mikrokontroler ATmega128 dapat dioperasikan pada catuan 2.7 – 5.5 V untuk ATmega128L (*low voltage*) dengan clock speed 0 – 8 MHz dan 4.5 – 5.5 V untuk ATmega128 dengan clock speed 0 – 16 MHz.





**Gambar 2.12** Skema Mikrokontroler ATmega128

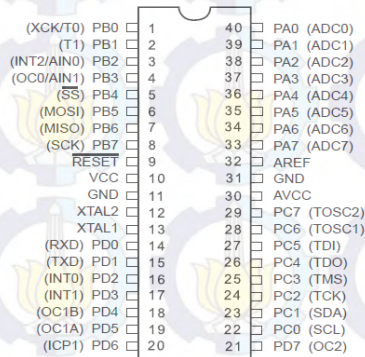
Mikrokontroler AVR ATmega 128 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 56 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, Port D, Port E, Port F dan Port G.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. 2 buah *Timer/Counter* 8 bit dan 2 buah *Timer/Counter* 16 bit.
4. Dua buah PWM 8 bit.
5. *Watchdog Timer* dengan *osilator internal*.
6. *Internal SRAM* sebesar 4 kbyte.
7. Memori flash sebesar 128 kBytes.
8. *Interupsi Eksternal*.
9. Port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 4 kbyte.
11. *Real time counter*.
12. 2 buah Port USART untuk komunikasi serial.
13. 6 kanal PWM.



### 2.8.2 AVR ATmega16 [7][9]

Mikrokontroler ATmega16 merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit, juga merupakan seri mikrokontroler *Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS) 8-bit buatan Atmel berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi pada program dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 *register general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan *mode compare*, *interupsi internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, *power saving mode*, ADC dan PWM. AVR pun mempunyai *In-System Programmable* (ISP) Flash on-chip yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang (*read/write*) dengan koneksi secara serial yang disebut *Serial Peripheral Interface* (SPI).



Gambar 2.13 Skema Mikrokontroler ATMega16

Berikut ini merupakan fitur-fitur yang dimiliki ATMega 16 :

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal
6. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral
  - Dua buah 8-bit timer/counter

- Satu buah 16-bit timer/counter
- Real time counter dengan osilator tersendiri
- Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
- 8 kanal, 10 bit ADC
- Byte-oriented Two-wire Serial Interface
- Watchdog timer dengan osilator internal


## 2.9 Code Vision AVR [10]

CodeVision AVR merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler sekarang ini telah umum. Mulai dari penggunaan untuk kontrol sederhana sampai kontrol yang cukup kompleks, mikrokontroler dapat berfungsi jika telah diisi sebuah program, pengisian program ini dapat dilakukan menggunakan *compiler* yang selanjutnya diprogram ke dalam mikrokontroler menggunakan fasilitas yang sudah disediakan oleh program tersebut. Salah satu *compiler* program yang umum digunakan sekarang ini adalah *Code Vision AVR* yang menggunakan bahasa pemrograman C.



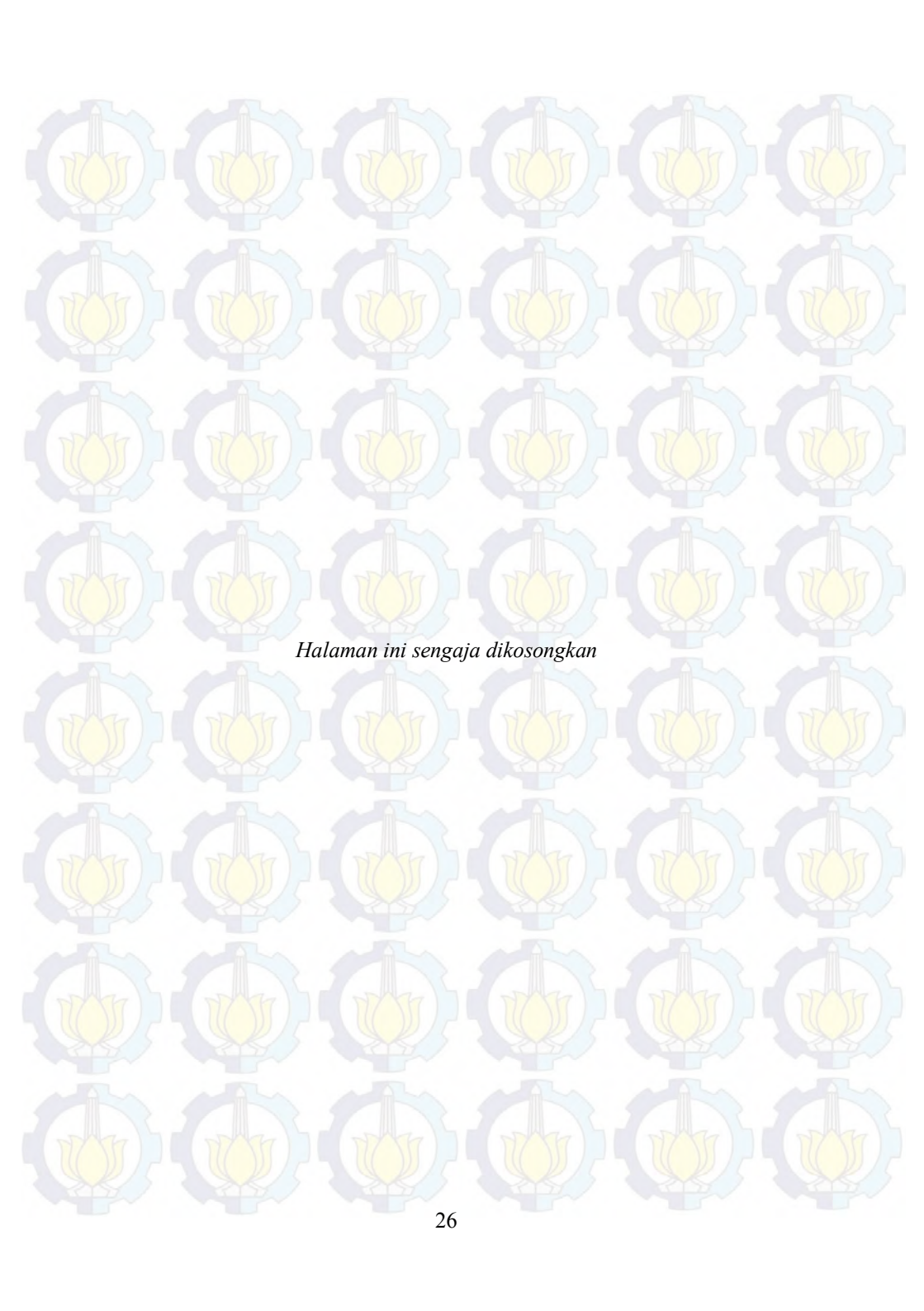
**Gambar 2.14** Code Vision AVR

*CodeVision AVR* mempunyai suatu keunggulan dari *compiler* lain, yaitu adanya *code wizard*, fasilitas ini memudahkan kita dalam inialisasi mikrokontroler yang akan kita gunakan. *Code wizard* yang sangat membantu dalam proses inisaialisasi register dalam mikrokontroler dan untuk membentuk fungsi - fungsi *interrupt*. Pada *code wizard* membuat inialisasi cukup dengan meng-click atau memberi tanda "*check*" sesuai property dari desain yang dikehendaki setelah itu register yang terinisialisasi dapat dilihat melalui *program preview* atau melalui *generate and save*. Dengan menggunakan



pemrograman bahasa-C diharapkan waktu disain (*deleloping time*) akan menjadi lebih singkat. Setelah program dalam bahasa-C ditulis dan dilakukan kompilasi tidak terdapat kesalahan (*error*) maka proses *download* dapat dilakukan. Mikrokontroler AVR mendukung sistem *download* secara ISP (*In-System Programming*).



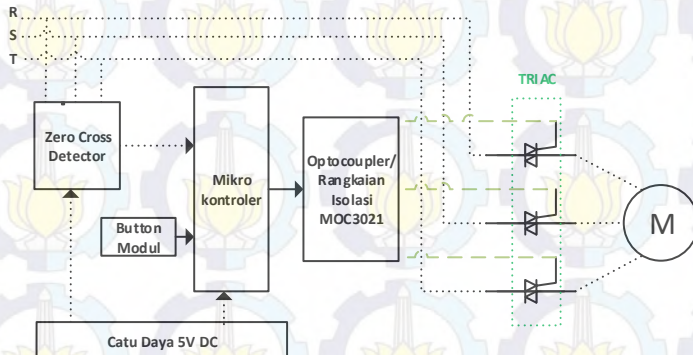


*Halaman ini sengaja dikosongkan*

### BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini dibahas mengenai perancangan implementasi dari *soft starter* motor induksi tiga fasa terbagi dalam beberapa bagian, dimana bagian tersebut terdiri dari perancangan perangkat keras berupa penentuan kontroler yang akan digunakan, selain itu penentuan komponen-komponen utama penyusun perangkat keras seperti triac, *optoisolator*, dan komponen-komponen lainnya. Dimana sub-drive yang dibuat terdiri dari rangkaian *zero cross detector*, rangkaian pemacu *gate* triac dan rangkaian catu daya 5V DC. Selain perancangan perangkat keras yang dibuat pula perangkat lunak berupa program yang ditanam pada kontroler.

Berikut skema rangkaian *soft starter* motor induksi 3 fasa yang dibuat :



**Gambar 3.1** Skema Rangkaian *Soft Starter* Motor Induksi 3 Fasa

Pada implementasinya *soft-starter drive* ini akan bekerja dengan pendiktasian titik 0 persimpangan positif-negatif atau negatif-positif di tiap fasa tegangan sumber masukannya. Selanjutnya *sub-drive zero cross detector* akan membangkitkan sinyal di tiap titik 0 fasa, dan dikirim pada kontroler yaitu mikrokontroler sebagai sinyal masukan, selanjutnya kontroler merubah isyarat sinyal masukan menjadi sinyal keluaran dengan variasi tunda waktu *off* dan *on*. Nantinya sinyal *delay* tersebut mengatur seberapa lama gerbang *gate* triac aktif dan melewati tegangan masukan untuk suplai beban (motor induksi 3 fasa).

Perancangan perangkat keras yang mengimplementasikan metode *soft starting* pada motor induksi 3 fasa dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Tegangan suplai untuk alat adalah arus bolak balik tiga fasa 380/220 volt, frekuensi 50 Hz
2. Diaplikasikan untuk motor induksi tiga fasa dengan pengaturan dilakukan pada suplai tegangan sumber motor, yaitu dengan mengatur tegangan masukan secara bertahap ditiap fasanya
3. Kontroler yang digunakan adalah mikrokontroler Atmega128 dan dua buah mikrokontroler Atmega16
4. Rangkaian *zero cross detector* dimana komponen penyusun utamanya adalah IC *optocoupler* 4n35 yang berfungsi sebagai pendeteksi titik *zero* pada gelombang tegangan
5. Rangkaian pemicu *gate* triac sekaligus rangkaian isolasi antara kontroler dan beban, dengan komponen penyusun utama rangkaian pencacah tegangan berupa triac BT-139 dan IC *optoisolator* MOC3021 sebagai komponen isolator
6. Penelitian yang dilakukan menggunakan motor induksi tiga fasa dengan spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Data Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Tegangan nominal	220-380	Volt
2	Daya	0,18	Kw/VA
		0,25	HP
3	Frekwensi	50	Hz
4	INS.CLASS	E	-
5	Kecepatan	1400	rpm
6	Arus nominal	1/0,66	A

### 3.1 Rangkaian *Zero Crossing Detector*

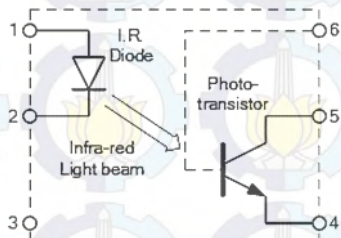
Rangkaian *zero crossing detector* adalah rangkaian yang berfungsi untuk mendeteksi titik persilangan nol sinyal tegangan AC. Dimana titik not yang dimaksud adalah titik persimpangan gelombang dari positif menuju negatif ataupun dari negatif menuju positif. Keluaran



Pada skema rangkaian di atas (Gambar 3.2) dibuat menggunakan *software eagle 6.1*, pada gambar juga terdapat skema rangkaian catu daya 5V DC. Dimulai dengan menurunkan tegangan sumber 220V AC oleh transformator menjadi 12V AC dan selanjutnya dihubungkan pada rangkaian catu daya. Output dari rangkaian catu daya ialah tegangan 5V DC.

29

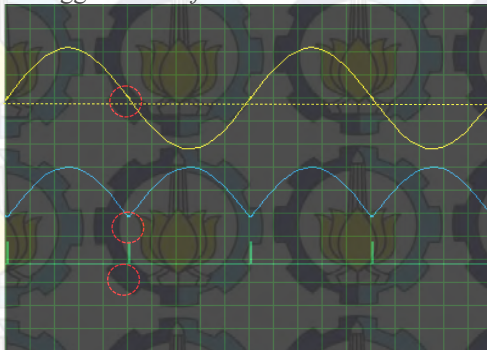
akan mendeteksi gelombang tersebut setiap kali nilai tegangan mendekati titik 0. Adalah IC *optocoupler* 4N35 yang digunakan :



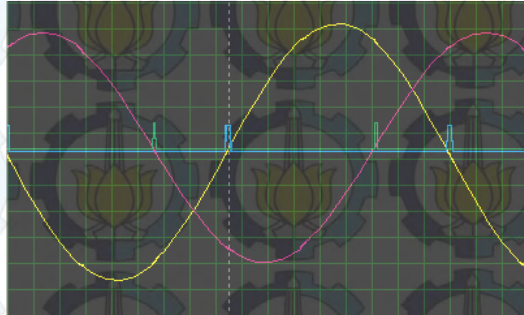
**Gambar 3.3** Rangkaian IC *Optocoupler* 4N35

Biasanya dipasaran IC *optocoupler* tersedia dengan tipe 4N25 / 4N35 ini mempunyai tegangan isolasi sampai 7500 volt dengan kemampuan maksimal LED dialiri arus *forward* sebesar 3A. *Optocoupler* merupakan piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian power dengan rangkaian kontrol dan merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu *on/off*-nya. *Opto* berarti optik dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic *opto-coupler* termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*.

Maka secara keseluruhan rangkaian *zero crossing detektor* akan bekerja dengan mendeteksi titik persimpangan nol. Berikut pemaparan disimulasikan menggunakan *software* PROTEUS :



**Gambar 3.4** Tegangan Masukan, Tegangan Keluaran Rectifier, Pulsa Zero Cross



**Gambar 3.5** Pulsa *Zerro Cross Detector* Pada 2 Fasa Tegangan Sumber

Dari grafik pada Gambar 3.5 dapat terlihat gelombang sumber tegangan *line-neutral* (kuning) sebagai tegangan masukan, sedang gelombang (biru) merupakan gelombang keluaran dari *rectifier* dioda bridge berupa gelombang tegangan DC, sedang grafik (hijau) merupakan sinyal pulsa yang terbangkitkan oleh IC 3N45 sebagai *optocoupler* pendeteksi *zero cross*. Arus yang mengalir menuju *optocoupler* disekitar titik *zero cross* akan menyalakan led pada *optocoupler* dan selanjutnya membangkitkan pulsa setiap rentan waktu 10 ms, dengan perhitungan :

$$f = 50 \text{ hz} \rightarrow \text{freq sumber}$$

$$T = 1/f$$

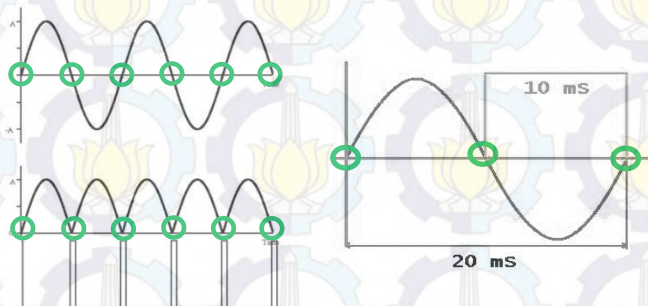
$$T = 1/50$$

$$T = 0,02 \text{ s}, \text{ maka } T = 20 \text{ ms}$$

(3.1)

Maka 20 ms merupakan waktu satu kali periode gelombang penuh tegangan, oleh karena itu jarak antar satu titik *zero* terhadap *zero* lainnya selama 10 ms.

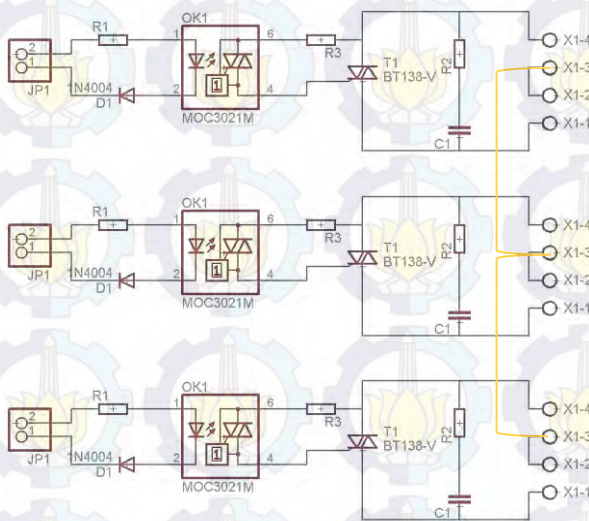




**Gambar 3.6** Skema Terbangkitnya Pulsa Zero Cross Detector

### 3.2 Rangkaian Pengontrol Tegangan AC

Pengontrol tegangan digunakan untuk mengubah-ubah harga rms tegangan AC yang dicatukan pada beban dengan cara mengatur waktu terbukanya *gate* triac. Dengan kata lain tegangan yang dimasukkan pada beban akan dicacah, tegangan masukan beban akan disuplai secara bertahap hingga prinsip *soft-start* terimplementasikan. Beban pada tugas akhir ini adalah motor induksi 3 fasa jenis rotor sangkar (*squirrel-cage*).

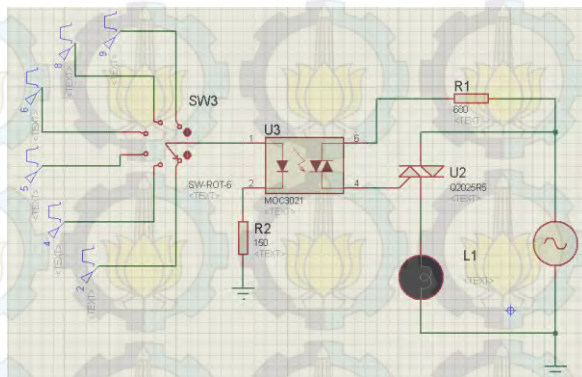


**Gambar 3.7** Skema Rangkaian Pengontrol Tegangan

Karena rangkaian pengendali tegangan ini menghubungkan sinyal kontrol dan sinyal masuka AC maka rangkaian pembagi tegangan juga dilengkapi dengan komponen isolator sebagai pemisah rangkaian dengan sumber tegangan AC dan rangkaian dengan sumber tegangan DC. Rangkaian pengontrol teganga ini tersusun atas komponen utama berupa triac dan juga IC *optoisolator* MOC3021.

Triac sendiri adalah komponen elektronika daya yang dapat mengalirkan arus listrik ke kedua arah ketika di *trigger* (dihidupkan). Triac dapat ditrigger dengan memberikan tegangan positif ataupun negatif pada elektroda gerbang. Oleh karena itu triac yang mendapatkan sinyal triger dari kontroler akan melewati tegangan masukan untuk beban selama ada sinyal triger yang diberikan oleh kontroler.

Dalam perancangan rangkaian pengontrol tegangan triac yang digunakan adalah triac BT139-600. Spesifikasi BT139 sudah mencukupi untuk pengaplikasian pada rangkaian , dimana triac BT 139 mampu melewati tegangan ( $V_{DRM}$ ) sampai 600 V, arus ( $I_{RSM}$ ) mencapai 16 A dengan arus *gate* ( $I_{GT}$ ) maksimal mencapai 70 mA. Maka disimulasikan pula dengan menggunakan *software* PROTEUS, dimana sinyal *delay* divariasikan (sinyal aktif 2ms,4ms,5ms,6ms,8ms,9ms).

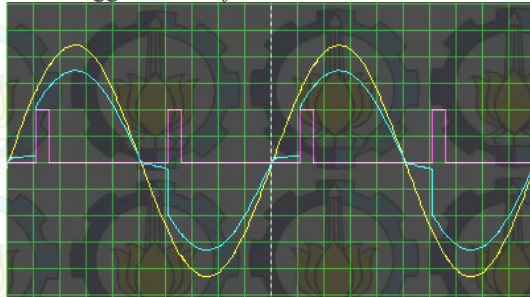


**Gambar 3.8** Simulasi Rangkaian Pengontrol Tegangan

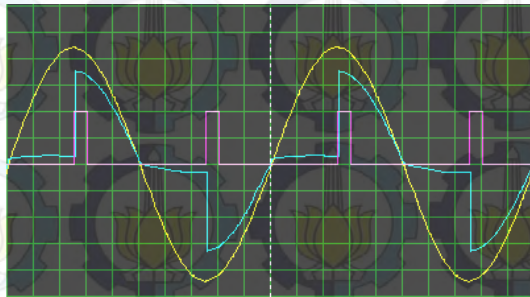
Nantinya sinyal *delay* tersebut akan diberikan oleh kontroler. Setiap sinyal *delay* akan menyalakan *led* pada MO3021 maka sinyal akan ditangkap oleh *reciever* sesuai waktu *delay*-nya, dan selama waktu *delay* tersebut maka arus yg mengalir dari R1 akan memberikan *trigger* pada *gate* triac. Maka selama *delay* waktu tersebut triac akan



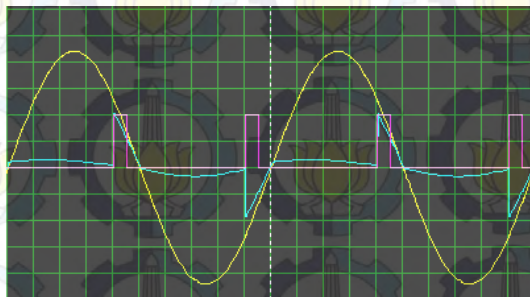
melewatkan tegangan sehingga beban akan aktif. Dapat dilihat pada Gambar 3.9-3.10, merupakan bentuk gelombang tegangan keluaran triac yang disimulasikan menggunakan *software* PROTEUS:



**Gambar 3.9** Gelombang Keluaran Triac *Delay* Waktu 2ms



**Gambar 3.10** Gelombang Keluaran Triac *Delay* Waktu 5ms



**Gambar 3.11** Gelombang Keluaran Triac *Delay* Waktu 8ms



Nilai rms tegangan keluaran triac dapat dihitung. Perhitungan nilai rms di masing masing fasa tegangan keluaran rangkaian pengontrol tegangan ialah sebagai berikut:

$$V_{rms} = V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\sin(2\alpha)}{2} \right) \right]^{1/2} \quad (3.2)$$

Misalkan untuk mengetahui nilai rms tegangan keluaran rangkaian saat gerbang *gate* triac di berikan variasi *delay* 4ms, tegangan dapat dihitung. Dengan mengetahui spesifikasi tegangan dimana :

Satu kali siklus tegangan penuh =  $360^\circ = 2\pi$ ,  $f = 50\text{Hz}$ ,  $V = 220\text{ V}$ , maka:

$$\alpha = \omega t \quad (3.3)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (3.4)$$

$$\omega = 2\pi \cdot 50$$

$$\omega = 100\pi$$

$$\text{Maka } \alpha = 100\pi \cdot 0.004$$

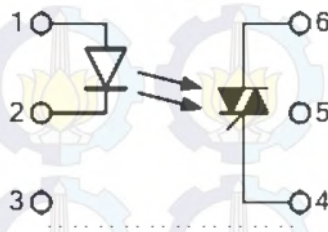
$$\alpha = 0.4\pi$$

$$V_{rms} = V_s \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - \alpha + \frac{\sin(2\alpha)}{2} \right) \right]^{1/2}$$

$$V_{rms(4ms)} = 220 \left[ \frac{1}{\pi} \left( \pi - 0.4\pi + \frac{\sin(0.8\pi)}{2} \right) \right]^{1/2}$$

$$V_{rms(4ms)} = 183,2V, \pi \text{ dalam radian.}$$

Sedang piranti isolator yang digunakan ialah IC *optoisolator* MO3021 sebagai penghubung sekaligus pengamanan dari kontroler dan rangkaian tegangan sumber.



**Gambar 3.12** Rangkaian IC *Optoisolator* MO3021

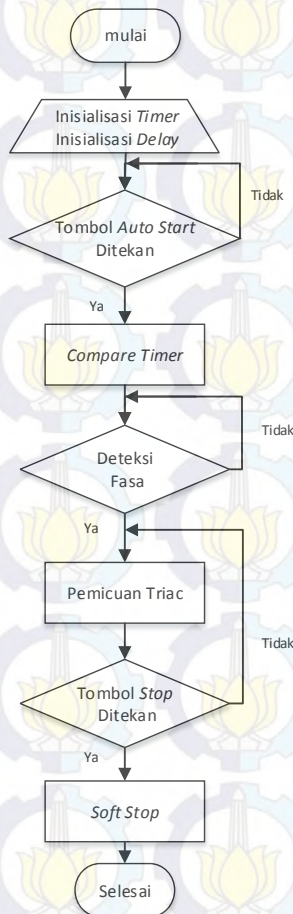
Fungsi dari *optocoupler* adalah memisahkan *ground* kontroler dengan tegangan tinggi sehingga di harapkan ketika terjadi *short circuit* atau beban arus berlebih maka kontroler akan aman terisolasi. Prinsip

kerja IC *optoisolator* M03021 ini bekerja dengan cara memindah informasi yang dilewatkan secara optik melintasi celah osilator, maka perpindahan informasi dalam satu arah saja. Sehingga fotodetektor tidak dapat mempengaruhi rangkaian input. Hal ini penting karena pemancar cahaya mungkin dikendalikan oleh rangkaian bertegangan rendah yang menggunakan *gate* logika sedangkan output fotodetektor rangkaian terhubung dengan beban AC. Maka *Isolasi* optik bertujuan untuk mencegah interaksi atau kerusakan terhadap rangkaian input yang disebabkan oleh pembebanan yang relatif tinggi.

### 3.3 Flowchart dan Program

Perancangan perangkat lunak dalam penelitian tugas akhir ini ialah pembuatan program untuk mikrokontroler. Dimana langkah kerja rangkaian secara keseluruhan berupa instruksi pendeteksian sinyal *zero crossing* disetiap fasa, instruksi tunda waktu untuk rangkaian pengontrol tegangan, pancacahan bertahap dengan dengan penambahan *delay* selama 1 ms setiap siklus pencacahan , maka metode *soft starting* ter implementasikan. Selanjutnya *soft stoping*, karena proses *soft stoping* merupakan kebalikan proses pencacahan metode *soft starting*, dimana pancacahan bertahap dengan dengan pengurangan variasi *delay* selama 1 ms setiap siklus pencacahannya maka metode *soft stoping* akan menjadi fitur tambahan pada perancangan alat dalam tugas akhir kali ini.

Untuk mempermudah dalam melakukan pemrograman pada mikrokontroler, terlebih dahulu dibuat diagram alir (*flowchart*) dari perancangan program.



**Gambar 3.13** Flowchart Program

Dari flowchart (Gambar 3.13), dibuat program dalam bahasa C menggunakan *software code vision AVR C Compiler*, yang kemudian program ditanam pada mikrokontroler yang berfungsi untuk mengatur seluruh proses *soft starting* dan proses *soft stopping*. Berikut kutipan program yang telah dibuat.



```

36
37 // External Interrupt 0 service routine
38 interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
39 {
40
41 if((start==1)&&(PINB.1==0)) // buat matiin soft starter
42 {
43     PORTB.7=1;
44     //delay_ms(DR);
45 }
46 else{PORTB.7=0; delay_ms(DR);}
47 // Place your code here
48 }
49
50 interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
51 {
52     TCNT1H=0xFFFB >> 8;
53     TCNT1L=0xFFFB & 0xFF;
54     if(start==1){RR++;;}
55 }

```

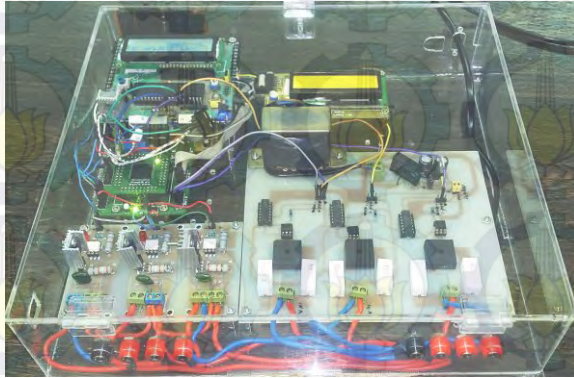
**Gambar 3.14** Kutipan Program

Pencacahan tegangan disetiap fasa akan dieksekusi oleh masing masing mikrokontroler, dimulai dengan penditeksian sinyal *zero crossing* oleh mikrokontroler. Karena sinyal penditeksian *zero crossing* cukup cepat, dengan periode pencuplikan berjarak 10 ms, pencacahan tegangan tidak bisa diatur oleh metode pen-*delay*-an biasa. Maka fitur *interrupt* pada mikrokontroler adalah solusinya. Pada kutipan program di atas (Gambar 3.14) setiap mode eksekusi program yang dibuat (*soft start/soft stop*) akan berkerja dengan acuan penditeksian sinyal *zero crossing* yang dibandingkan dengan fitur *timer*.

## BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Pengukuran, pengujian, pengaplikasian metode *soft starting* untuk motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler meliputi:

1. Pengambilan data bentuk gelombang masukan dan keluaran.
2. Pengukuran dan pengujian pengasutan motor induksi.



**Gambar 4.1** Driver *Soft Starting* Motor Induksi 3 Fasa

Pengukuran dan pengujian *driver soft starting* untuk motor induksi tiga fasa dihubungkan dengan tegangan masukan sebesar 380/220V AC. Pengukuran dan pencuplikan data berupa bentuk gelombang baik masukan maupun keluaran rangkaian. Selanjutnya data yang diperoleh baik itu tegangan masukan sumber rangkaian *soft starting*, rangkaian *zero cross detector*, rangkaian pemuncian TRIAC, dan tegangan keluaran pada rangkaian *soft starting* dianalisa guna mendapatkan penarikan kesimpulan.

### 4.1 Simyal Rangkaian *Zero Cross Detector*

Sinyal keluaran yang dihasilkan dari rangkaian *zero crossing detector* merupakan pulsa periodik yang aktif setiap 10ms. Dimana sinyal *zero crossing detector* dihasilkan dari proses penditeksian peralihan positif menuju negatif atau negatif menuju positif dari gelombang tegangan masukan. Dengan tegangan masukan fasa sebesar 380/220 V AC, 50 Hz. Pengukuran dilakukan di Laboratorium B 105 dengan piranti *osiloscope digital GW Instek GDS806*.





**Gambar 4.2** Pulsa *Zero Crossing Detector* Pada 1 Fasa Tegangan

Seperti yang terlihat pada gambar, pendeteksiian rangkaian *zero crossing* menghasilkan pulsa-pulsa dengan jarak waktu 10ms, sesuai data perhitungan, dimana frekwensi tegangan sumber adalah 50 Hz, maka :

$$T = 1/f$$

$$T = 1/50$$

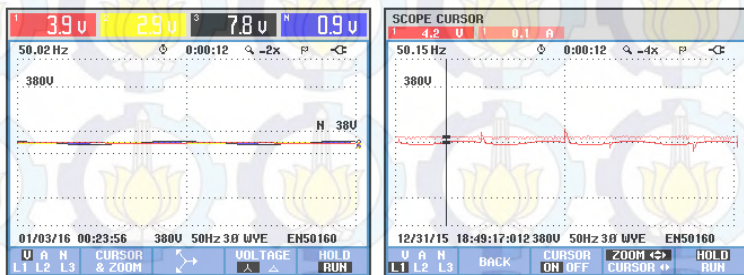
$$T = 0,02 \text{ s}$$

$$T = 20 \text{ ms (satu gelombang penuh)}$$

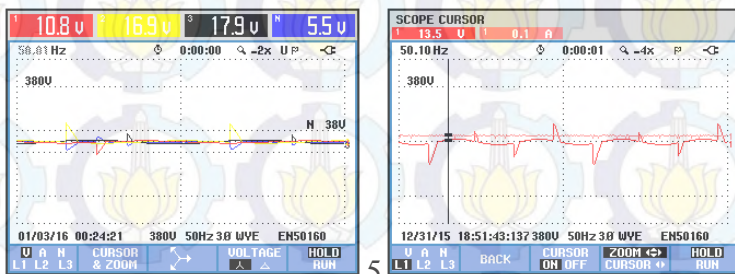
Sedangkan pendeteksiian *zero crossing* setiap  $180^\circ$ , atau setiap 0,5 siklus gelombang penuh. Maka periode pulsa *zero crossing detector* setiap 10ms. Selanjutnya didapatkan pula gambar pendeteksiian pulsa *zero crossing* pada dua fasa gelombang masukan. Dapat dilihat pada Gambar 4.3, dimana data pencuplikan tersebut dapat membuktikan bahwa jarak antar fasa pada gelombang tiga fasa adalah  $120^\circ$ , dengan mengetahui jarak :  $\pm 2,7 \text{ div (jarak pulsa)} \times 2,5 \text{ ms (time/div)} = \pm 6,75 \text{ ms}$ .



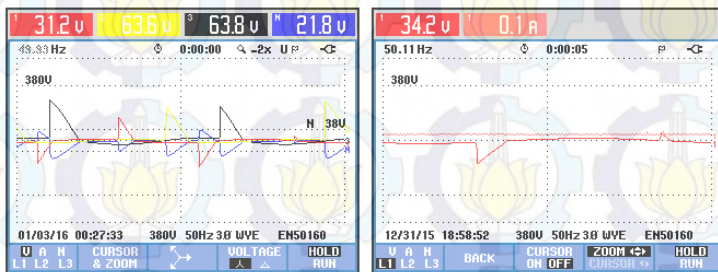




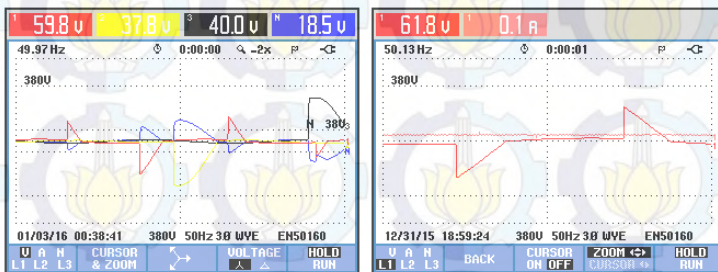
**Gambar 4.4** Tegangan Keluaran Triac Sebelum Penyulutan



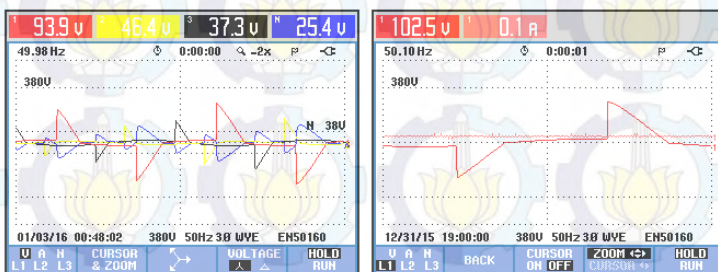
**Gambar 4.5** Tegangan Keluaran Triac dengan *Delay* Waktu 9 ms



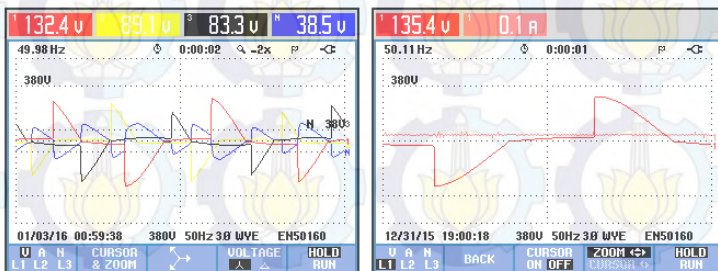
**Gambar 4.6** Tegangan Keluaran Triac dengan *Delay* Waktu 8 ms



Gambar 4.7 Tegangan Keluaran Triac dengan *Delay* Waktu 7 ms

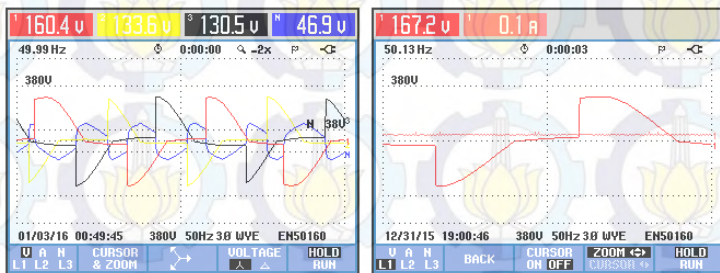


Gambar 4.8 Tegangan Keluaran Triac dengan *Delay* Waktu 6 ms

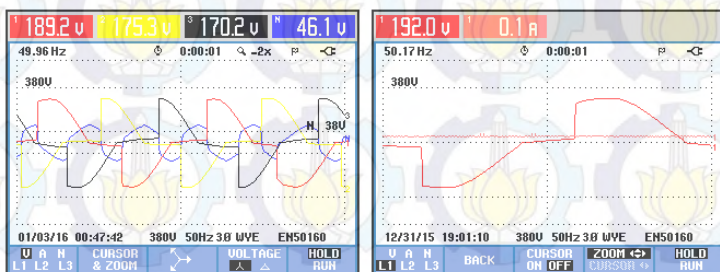


Gambar 4.9 Tegangan Keluaran Triac dengan *Delay* Waktu 5 ms

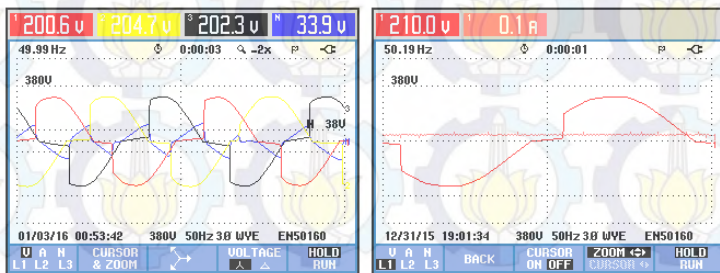




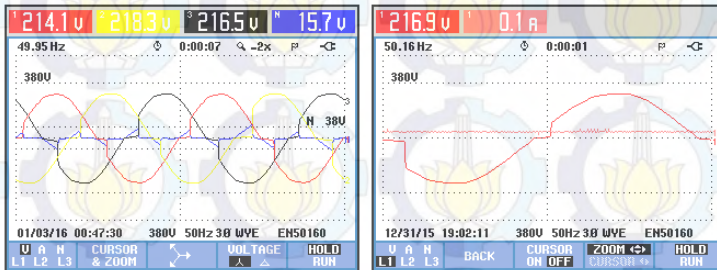
**Gambar 4.10** Tegangan Keluaran Triac dengan Delay Waktu 4 ms



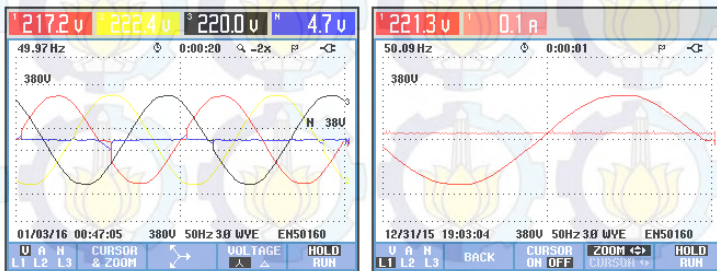
**Gambar 4.11** Tegangan Keluaran Triac dengan Delay Waktu 3 ms



**Gambar 4.12** Tegangan Keluaran Triac dengan Delay Waktu 2 ms



**Gambar 4.13** Tegangan Keluaran Triac dengan Delay Waktu 1 ms



**Gambar 4.14** Tegangan Keluaran Triac dengan Delay Waktu 0 ms

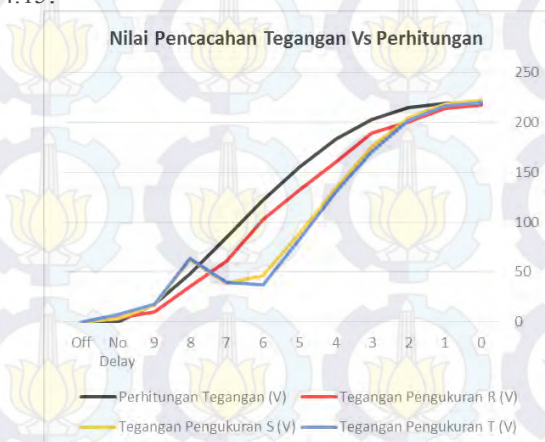
Pada pencuplikan data tersebut menunjukkan perubahan nilai keluaran tegangan terukur yang berangsur naik. Bentuk maupun nilai tegangan terukur dipengaruhi oleh adanya variasi triac *firing angle/firing delay*. Berdasarkan Gambar 4.4 – 4.14 nilai tegangan keluaran maupun bentuk tegangan mengalami perubahan, hal tersebut diakibatkan proses pencuplikan data tegangan dilakukan pada waktu yang tidak bersamaan.

Dari pencuplikan data tegangan keluaran pada Gambar 4.4-4.14, data nilai tegangan disajikan dalam tabel. Berikut Tabel 4.1 data tegangan pengukuran yang dibandingkan dengan tegangan perhitungan dari setiap variasi triac *firing angle/firing delay*.

**Tabel 4.1** Perbandingan Nilai Tegangan Perhitungan dan Nilai Tegangan Pengukuran

Variasi Delay (ms)	Perhitungan Tegangan (V)	Tegangan Pengukuran		
		R (V)	S (V)	T (V)
0	220	217,2	222,4	220
1	219,2	214,1	218,3	216,5
2	214,6	200,6	204,7	202,3
3	202,9	189,2	175,3	170,2
4	183,2	160,4	133,6	130,5
5	155,5	132,4	89,1	83
6	121,7	102,5	46,5	37,3
7	84,4	61	39	40
8	48,5	35	63	63,8
9	17,6	10	16,9	17,9
No Delay	0	4	3	7
Off	0	0	0	0

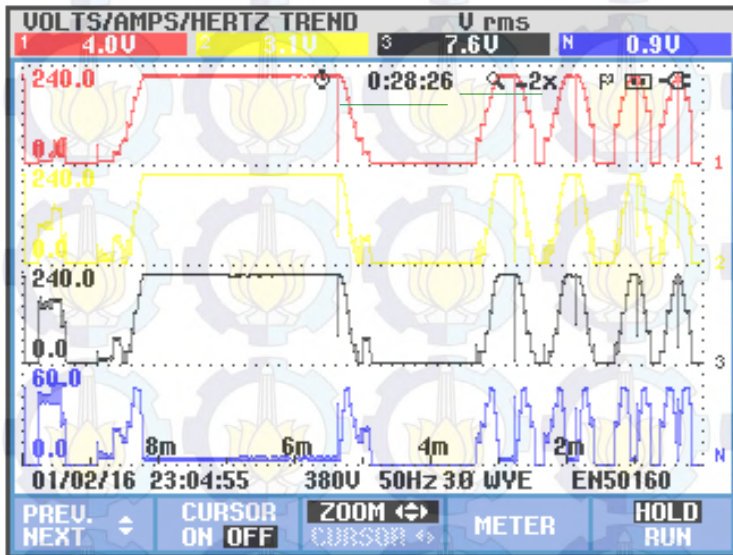
Berikut data dalam tabel disajikan dalam bentuk grafik seperti Gambar 4.15:



**Gambar 4.15** Perbandingan Tegangan Perhitungan dan Tegangan Pengukuran



Pada Gambar 4.15 data gambar tersaji dalam bentuk grafik. Nilai tegangan hasil penculikan ditiap variasi triac *firing angle/firing delay* dibandingkan antara tegangan perhitungan dan tegangan hasil pengukuran pada masing masing fasanya. Pada grafik terdapat nilai tegangan yang tidak stabil (cacat/riak/drop), yaitu pada pencacahan tegangan dengan variasi triac *firing delay* 7 dan 6 ms. Untuk lebih jelasnya berikut pencuplikan data pengukuran bila ditampilkan bentuk *trend* :

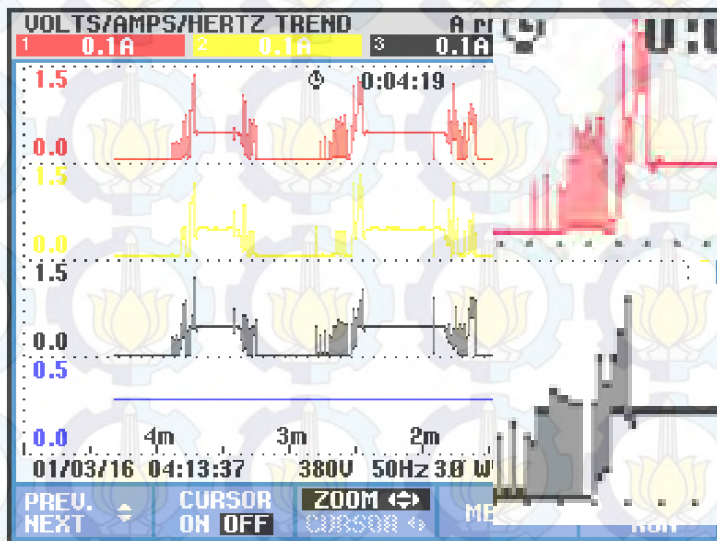


**Gambar 4.16** *Trend* Data Pengukuran Tegangan

Pada proses pengukuranya, nilai tegangan keluaran disetiap variasi triac *firing delay* terdapat cacat (tidak stabil), namun data pengukuran tegangan masih *linear*. Selain itu berdasarkan data, tegangan keluaran di atas setiap fasa memiliki nilai tegangan keluaran yang berbeda, hal tersebut terjadi akibat perbedaan waktu eksekusi triac ditiap fasa tidak pada waktu yang bersamaan (pengiriman sinyal perubahan karakteristik *on delay* dan *off delay* yang dikirim kontroler tidak dieksekusi secara bersamaan oleh triac).


### 4.3 Pengujian Pengasutan

Pada proses pengujian pengasutan dengan piranti alat ukur *FLUKE series 433/434 Power Quality Analyzer* belitan stator motor induksi dihubung bintang. Pada Gambar 4.17 *trend* memperlihatkan perubahan nilai arus disetiap variasi tunda waktu penyulutan triac, dimana antara tunda waktu menuju tunda waktu selanjutnya juga diberikan tunda waktu tertentu. Proses pencacahan tegangan tersebut merupakan metode pengasutan yang diimplementasikan. Begitu pula dengan *soft stopping*, karena proses pengurangan tegangan masukan pada motor adalah kebalikan dari proses metode *soft starting*, motor juga dapat diberhentikan secara bertahap.



Gambar 4.17 *Trend* Data Pengukuran Arus

Berdasarkan analisa data pengasutan arus seperti pada Gambar 4.17 didapatkan nilai arus *starting* motor tidak langsung melonjak. Nilai arus nominal yang terukur sebesar 0,6 A, sedang pada gambar terdapat lonjakan arus dengan nilai 1,3 A. Pada awal pecuplikan data, nilai arus bertambah sebanding dengan bertambahnya nilai tegangan masukan pada motor. Namun sesuai data nilai tegangan pada variasi pemucuan



triac dengan *delay* 7 dan 6 ms, nilai tegangan mengalami *drop* pada 2 fasa sumber tegangan. Sehingga mengakibatkan adanya lonjakan nilai arus pada pencacaham tegangan berikutnya.





*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB V PENUTUP


### 5.1. Kesimpulan

Pada pengerjaan tugas akhir ini Berdasarkan pada hasil pengukuran, pengujian dan analisa alat, didapatkan kesimpulan , yaitu :

1. Rangkaian *soft starting* dapat mengendalikan nilai tegangan secara bertahap sehingga nilai arus *start* pada motor induksi dengan stator dihubung bintang dapat tereduksi.
2. Nilai pengasutan arus *start* mencapai 1,3 A (dua kali arus nominal motor ) dengan hubung bintang pada statornya. Terjadinya lonjakan arus tersebut terjadi karena adanya drop tegangan keluaran alat pada proses pencacahan tegangan masukan motor.
3. Tiga mikrokontroler mengatur masing masing fasa tegangan masukan dengan mengontrol nyala pemicuan triac, namun terdapat cacat pada tegangan keluaran rangkaian yang diakibatkan proses eksekusi sinyal kontrol oleh triac tidak dalam waktu yang bersamaan.
4. Pencacahan nilai tegangan terjadi karena adanya variasi tunda waktu sinyal *on* kontroler untuk mengaktifkan gerbang *gate* pada triac. Variasi tunda waktu pengaktifan *gate* triac dapat diatur dengan rentan watu 0-9 ms.
5. Proses *soft stoping* merupakan kebalikan dari pencacahan tegangan *soft starter*, oleh karena itu proses stop pada motor ialah proses pengurangan nilai suplai tegangan secara bertahap.

### 5.2. Saran

1. Karena dalam pembuatan *drive soft starting* menggunakan tiga buah mikrokontroler dan menjadi kurang ekonomis, maka penelitian selanjutnya disarankan dapat mengatasi permasalahan tersebut.
2. Metode perancangan *software* pada tugas akhir ini mencacah tegangan dengan variasi *delay* waktu kelipatan 1 ms. Pada perancangan selanjutnya disarankan dapat membuat metode pemograman yang lebih baik untuk



memperkecil resolusi variasi triac *firing delay* sehingga pencacahan tegangan lebih halus dan pengasutan lebih terkendali.

3. Perangkat proteksi seperti *Over Current Relay*, *Thermal Overload Relay* dapat ditambahkan pada perancangan selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Mohan, N., *"Power Electronic, Converters, Applications and Design"*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1995.
- [2]. Muhaimin, Moch., *"Perancangan Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Kontroller Neuro PID"*, *Tugas Akhir* Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya, 2010.
- [3]. Zuhail, *"Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya"*, Gramedia, Jakarta, 1995.
- [4]. M. H. Rashid, *"Power Electronics: Circuits, Devices and Applications"*, Prentice-Hall, 2004.
- [5]. Naufal Mustoffa. *"Perancangan dan Pembuatan Sistem Pemanas Induksi untuk Bearing Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno"*, *Tugas Akhir* Teknik Mesin dan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Bandung, 2015.
- [6]. Andi Hasad, *"Operasi dan Aplikasi TRIAC"*. 16 Januari 2016. <https://andihasad.wordpress.com/2011/12/05/operasi-dan-aplikasi-triac/>
- [7]. \_\_\_\_\_, *"ATmega 16"*. 17 Januari 2016. <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>
- [8]. \_\_\_\_\_, *"ATmega 128"*. 17 Januari 2016. <http://www.atmel.com/Images/2467S.pdf>
- [9]. \_\_\_\_\_, *"ATmega 16"*. 17 Januari 2016. <http://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2008/08/sholihul-atmega16.pdf>
- [10]. Winoto Ardi., *"Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemograman dengan Bahasa C pada WinAVR"*, INFORMATIKA, 2008.
- [11]. Vedam Subrahmanyam, *"Electric Drives, Concepts and Applications"*, Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1994.
- [12]. Wardhana L., *"Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi"*, Andi, Yogyakarta, 2006.

# LAMPIRAN 1

## Program Mikrokontroler

```
Project :
Version :
Date : 31/12/2015
Author : NeVaDa
Company :
Comments:
Chip type : ATmega128
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 16.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 1024
*****/
#include <mega128.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <alcd.h>
#include <delay.h>

unsigned int RR;
eeprom unsigned int k=0,delay_RST=2000,a=9;
unsigned int DR,DS,DT,dly_rst,aa;
unsigned int ZCR=0,ZCS=0,ZCT=0,start=0,stop=0;
char buf[22];
void stop_soft_start();
void interup_mati_zero();
void interup_zerocross();

// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
    if((start==1)&&(PINB.1==0)) // buat matiin soft starter
    {
        PORTB.7=1;
        //delay_ms(DR);
    }
    else{PORTB.7=0; delay_ms(DR);}
    // Place your code here
}

interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    TCNT1H=0xFFFF8 >> 8;
    TCNT1L=0xFFFF8 & 0xff;
    if(start==1){RR++;}
}

void stop_soft_start()
{
    delay_ms(300);
    start=1; // flag tanda mulai bekerja
    stop=1;
```

```

for(;;)
{
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(buf,"%2d %2d %2d %4d  B",DR,DS,DT,delay_RST);
    lcd_puts(buf);
    PORTB.7=1;
    PORTA.0=1;
    if(DR>=a) // buat matiin soft starter
    {
        PORTB.7=1; // buat matiin supply klo sudah selesai
        delay_ms(100); RR=0;start=0;stop=0;lcd_clear();break;
    }
    //===== SISTEM PERUBAHAN ZERO CROSSING =====

    if((RR>=delay_RST)&&(DR<(a+1)))
    {
        DR=DR+1;
        PORTA.0=0;
        delay_us(10);
        RR=0; // reset RR(delay perubahan zero crossing)
    }
}

void interup_zerocross()
{
    EICRA=0x03;
    EICRB=0x00;
    EIMSK=0x01;
    EIFR=0x01;
    #asm("sei")
}

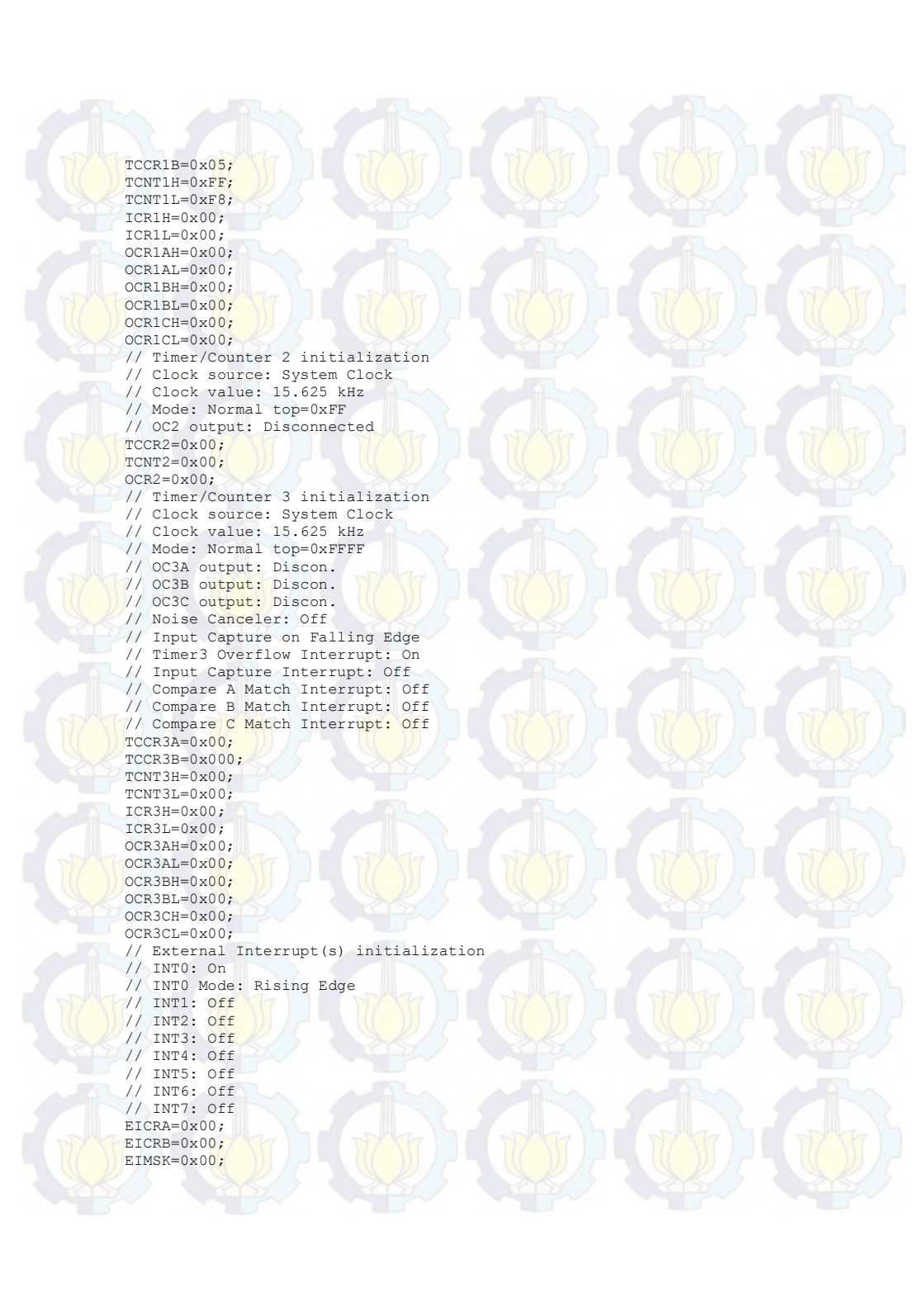
void interup_mati_zero()
{
    EICRA=0x00;
    EICRB=0x00;
    EIMSK=0x00;
    EIFR=0x00;
    #asm("cli")
}

void main(void)
{
    // Declare your local variables here
    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
    Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T Statel=T
    State0=T
    PORTA=0xFF;
    DDRA=0xFF;
    // Port D initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
    Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T Statel=T
    State0=T
    PORTB=0xFF;
    DDRB=0x00;
    DDRB.7=1;
}

```



```
PORTB.7=0;
// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;
// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;
// Port E initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTE=0x00;
DDRE=0x00;
// Port F initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTF=0x00;
DDRF=0x00;
// Port G initialization
// Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTG=0x00;
DDRG=0x00;
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 15.625 kHz
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// OC1C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
```



```
TCCR1B=0x05;
TCNT1H=0xFF;
TCNT1L=0xFF;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
OCR1CH=0x00;
OCR1CL=0x00;
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 15.625 kHz
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
// Timer/Counter 3 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 15.625 kHz
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC3A output: Discon.
// OC3B output: Discon.
// OC3C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer3 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x000;
TCNT3H=0x00;
TCNT3L=0x00;
ICR3H=0x00;
ICR3L=0x00;
OCR3AH=0x00;
OCR3AL=0x00;
OCR3BH=0x00;
OCR3BL=0x00;
OCR3CH=0x00;
OCR3CL=0x00;
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INT0 Mode: Rising Edge
// INT1: Off
// INT2: Off
// INT3: Off
// INT4: Off
// INT5: Off
// INT6: Off
// INT7: Off
EICRA=0x00;
EICRB=0x00;
EIMSK=0x00;
```

```
EIFR=0x00;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x04;
ETIMSK=0x00;
// USART0 initialization
// USART0 disabled
UCSR0B=0x00;
// USART1 initialization
// USART1 disabled
UCSR1B=0x00;
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
// ADC initialization
// ADC disabled
ADCSRA=0x00;
// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;
// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;
// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTE Bit 0
// RD - PORTE Bit 1
// EN - PORTE Bit 2
// D4 - PORTE Bit 4
// D5 - PORTE Bit 5
// D6 - PORTE Bit 6
// D7 - PORTE Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

// Global enable interrupts
lcd_clear();
PORTA.6=0;
delay_ms(20);
PORTA=0xFF;//.6=1;;
delay_ms(30);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts("hayang daging");
delay_ms(1000);
dly_rst=delay_RST/100;
aa=a/1000;
UCSR0A=0x00;
UCSR0B=0x08;
UCSR0C=0x06;
UBRR0H=0x00;
UBRR0L=0x67;

printf("%c",a);
delay_ms(100);
printf("%c",dly_rst);
delay_ms(100);
```



```

UCSR0A=0x00;
UCSR0B=0x00;
UCSR0C=0x00;
UBRR0H=0x00;
UBRR0L=0x00;

while (1)
{
    interup_mati_zero();
    PORTB.7=0;
    PORTA=0xFF;
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts("      MENU A/M      ");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_puts("A      Set      M");

    //=====
    //===== (A) SISTEM OTOMATIS =====
    //=====
    if(PINB.0==0) // (A) SISTEM OTOMATIS
    {
        delay_ms(300);
        lcd_clear();
        for(;;)
        {
            lcd_gotoxy(0,0);
            lcd_puts(" Soft Starter A");
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts("Start      Back");
            PORTB.7=0;

            if(PINB.0==0) // buat mulai soft starter
            {
                DR=a;
                //delay_RST=500
                ZCR=ZCS=ZCT=0; //tidak di pakai
                PORTA.4=0; // pake kabel masuk k port b.7
                delay_ms(300);
                start=1; // flag tanda mulai bekerja
                stop=0;
                RR=0;
                for(;;)
                {
                    PORTB.7=1; //triac
                    PORTA.0=1; //kurang delay
                    PORTA.2=1; //mati zero crossing
                    PORTA.4=1; //start zero crossing
                    interup_zerocross();
                    lcd_gotoxy(0,1);
                    sprintf(buf,"%2d %2d %2d %4d B",DR,DS,DT,delay_RST);
                    lcd_puts(buf);

                    //===== SISTEM DELAY ZERO CROSSING =====

                    if((RR>=delay_RST)&&(DR>=1))
                    {
                        PORTA.0=0;
                        delay_us(10);
                        DR=DR-1;

```

```

crossing)
    RR=0; // reset RR(delay perubahan zero
    }
    if((start==1)&&(PINB.1==0)) // buat matiin
soft starter
{
    PORTB.7=1;
    PORTA.2=0;
    RR=0;
    if(DR<=0){DR=0;}
    delay_ms(100);
    PORTA=0xff; //mati zero corssing
    stop_soft_start(); start=0;stop=0;break;
}
    interup_mati_zero();
}
    if(PINB.2==0){delay_ms(100);lcd_clear();break;}
}
}

//=====
//=====
//=====
//===== (Set) SETTING =====
//=====

if(PINB.1==0)//(Set) SETTING
{
    delay_ms(300);
    lcd_clear();
    interup_mati_zero();

    for(;;)
    {
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_puts("      SETTING      ");
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_puts("A      DLY      Back");

        if(PINB.0==0)// set A
        {
            delay_ms(300);
            lcd_clear();
            PORTA.6=0;//rst slave
            delay_ms(20);
            PORTA=0xFF;//.6=1;;
            delay_ms(30);
            for(;;)
            {
                lcd_gotoxy(0,0);
                sprintf(buf," Setting A =%3d ",a);
                lcd_puts(buf);
                lcd_gotoxy(0,1);
                lcd_puts("++      --      Back");
            }
        }
    }
}

```

```

        if((PINB.0==0)) // mainin delay
        {
            a=a+1;
            lcd_gotoxy(0,0);
            delay_ms(100);
        }

        if((PINB.1==0)) // mainin delay
        {
            a=a-1;
            lcd_gotoxy(0,0);
            delay_ms(100);
        }

        if(PINB.2==0)
        {
            dly_rst=delay_RST/100;
            aa=a/1000;
            UCSRA=0x00;
            UCSRB=0x08;
            UCSRC=0x06;
            UBRR0H=0x00;
            UBRR0L=0x67;
            printf("%c",a);
            delay_ms(100);
            printf("%c",dly_rst);
            delay_ms(100);
            UCSRA=0x00;
            UCSRB=0x00;
            UCSRC=0x00;
            UBRR0H=0x00;
            UBRR0L=0x00;
            lcd_clear();break;
        }
    }

    if(PINB.1==0) // set A
    {
        delay_ms(300);
        lcd_clear();

        PORTA.6=0;
        delay_ms(20);
        PORTA=0xFF;//.6=1;;
        delay_ms(30);
        for(;;)
        {
            lcd_gotoxy(0,0);
            sprintf(buf,"Set dly =%4d ms ",delay_RST);
            lcd_puts(buf);
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts("++ -- Back");

            if((PINB.0==0)) // mainin delay
            {
                delay_RST=delay_RST+100;
                lcd_gotoxy(0,0);
                delay_ms(100);
            }
        }
    }
}

```



```

    }
    if((PINB.1==0)&&(delay_RST>=100)) // mainin delay
    {
        delay_RST=delay_RST-100;
        lcd_gotoxy(0,0);
        delay_ms(100);
    }
    if(PINB.2==0)
    {
        dly_rst=delay_RST/100;
        aa=a/1000;
        UCSRA=0x00;
        UCSRB=0x08;
        UCSC0C=0x06;
        UBRR0H=0x00;
        UBRR0L=0x67;

        printf("%c",a);
        delay_ms(100);

        printf("%c",dly_rst);
        delay_ms(100);

        UCSRA=0x00;
        UCSRB=0x00;
        UCSC0C=0x00;
        UBRR0H=0x00;
        UBRR0L=0x00;
        delay_ms(100);lcd_clear();break;
    }
}
if(PINB.2==0){delay_ms(100);lcd_clear();break;}
}
interup_mati_zero();
}
//=====

```

## RIWAYAT HIDUP



**Teguh Nur Imamudin** lahir di Bandung 27 Maret 1992. Menyelesaikan sekolah di SD Negeri Lembang II pada tahun 2004. Melanjutkan ke SMP Negeri 15 Bandung, lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke SMA Negeri 9 Bandung dan lulus 2010. Penulis melanjutkan melanjutkan studi Diploma 3 jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika di Politeknik Manufaktur Negri Bandung dan lulus 2013. Diawal tahun 2014, penulis melanjutkan studi kejenjang Srata 1 di Jurusan Teknik Elektro Institut Sepuluh November dengan Bidang Studi yang ditekuni penulis adalah Sistem Pengaturan. Pada bulan Januari 2016, penulis mengikuti seminar dan ujian Tugas Akhir di Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.